

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

TRANSPORTS ET ÉCOFISCALITÉ :  
IMPACTS ET ACCEPTABILITÉ DES ÉCOTAXES  
APPLIQUÉES AUX TRANSPORTS URBAINS DE PASSAGERS

THÈSE PRÉSENTÉE COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DU DOCTORAT EN ÉTUDES URBAINES

PAR  
JEAN-FRANÇOIS LEFEBVRE

OCTOBRE 2014

## **Avertissement**

La diffusion de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs (SDU-522 -Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que « conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire. »



## Remerciements

Mes premiers remerciements s'adressent à M. Georges A. Tanguay et à Mme Florence Junca-Adenot, tous deux professeurs au Département d'études urbaines et touristiques (DEUT) de l'École des sciences de gestion de l'UQAM. Ils m'ont accompagné et encadré en tant que directeurs de recherche durant cette longue aventure. Je leur suis profondément reconnaissant. Je remercie également les autres membres du jury, MM. Ugo Lachapelle, Jean-Philippe Waaub et Jean-Philippe Meloche, ainsi que tous les autres professeurs qui m'ont appuyé dans toutes les étapes de ma démarche.

Je n'aurais pu combiner mes obligations familiales et le retour aux études sans la bourse de recherche que j'ai eu l'honneur de recevoir du Fonds québécois de recherche sur la société et la culture (FQRSC, bourse du ministère des Transports du Québec).

Mon projet de recherche n'aurait vraisemblablement pas pu prendre une telle ampleur si je n'avais pu bénéficier de multiples collaborations, en commençant par le support accordé par le *Groupe de recherche appliquée en macroécologie* (grame.org), un OBNL basé à Montréal. Mon projet s'est ainsi inscrit dans un programme de recherche sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans les transports urbains, mené par le GRAME, qui a pu bénéficier de l'appui financier de Transports Canada (programme *Sur la route du transport durable*) et de la collaboration de MM. Nicholas Pinel et Juste Rajaonson.

Je remercie également la *Société de transport de Montréal* (STM), particulièrement M. Jocelyn Grondines, M. Michel Bourbonnière et Mme Anna Guinzbourg, ainsi que *Transport 2000 Québec* pour leur précieuse collaboration, notamment en me fournissant plusieurs données qui furent fort utiles.

Finalement, j'ai apprécié le soutien constant et la patience inébranlable de ma conjointe, Svitlana, et la compréhension de trois adorables grands enfants. Au fonds, cette thèse leur est dédiée. J'espère qu'elle apportera une contribution à la réflexion collective en vue de l'adoption de politiques susceptibles de nous permettre de tendre vers « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs » (Commission mondiale sur l'environnement et le développement - CMED, 1988, p. 51).

## Tables des matières

Avertissement .....	ii
Remerciements.....	iii
Liste des figures .....	x
Liste des tableaux.....	xi
Résumé.....	xiii
INTRODUCTION : PRÉSENTATION DU PROBLÈME SPÉCIFIQUE DE RECHERCHE.....	1
1. Mise en contexte .....	1
2. Rôle de l'écofiscalité.....	3
3. Enjeu du développement des transports collectifs .....	7
4. Pollution, congestion et autres externalités.....	9
5. Défi de la mise en œuvre .....	11
6. Domaine de recherche et objet de la thèse.....	14
7. Présentation de la démarche de recherche .....	16
CHAPITRE I	
REVUE GÉNÉRALE DE LA LITTÉRATURE.....	20
1.1 Introduction.....	20
1.2 Les concepts d'externalités et d'écotaxes.....	21
1.3 Les trois piliers des transports durables .....	24
1.4 Efficacité énergétique : les autos versus la ville .....	24
1.5 La problématique des transports .....	27
1.6 La correction des imperfections du marché selon la théorie économique .....	30
1.7 Internalisation des coûts externes des transports .....	32

1.8 Incitatifs visant à modifier les choix de mode de transport .....	34
1.8.1 Les péages routiers et urbains.....	35
1.8.2 La tarification des espaces de stationnement.....	36
1.8.3 Les taxes sur les carburants .....	38
1.8.4 La taxe kilométrique.....	38
1.9 Incitatifs modifiant les choix concernant l'acquisition des véhicules.....	39
1.9.1 <i>Bonus malus</i> à l'achat .....	39
1.9.2 Modulation des frais d'immatriculation .....	44
1.9.3 Taxes sur les carburants.....	45
1.10 Abolition de subventions, mutations de frais existants et ajout d'écotaxes .....	46
1.11 Taxes dédiées et réformes fiscales écologiques .....	46
1.12 Concept d'acceptabilité sociale.....	48
1.13 Acceptabilité sociale et tarification des transports.....	51
1.14 Enjeu de l'équité .....	55
1.15 Surmonter les obstacles à l'acceptabilité sociale .....	56
1.16 Modélisations et outils d'analyse .....	58

## CHAPITRE II

DISTANCES PARCOURUES, STOCKS DE VÉHICULES ET EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE : UNE PERSPECTIVE INTERNATIONALE .....	62
2.1 Introduction.....	62
2.2 Méthodologie et données .....	66
2.2.1 Spécifications du modèle et base de données .....	66
2.2.2 Stock de véhicules par adulte ( <i>SA</i> ) .....	72
2.2.3 Kilométrage parcouru par adulte ( <i>KA</i> ).....	73
2.2.4 Consommation moyenne du parc de véhicules ( <i>CR</i> ).....	74
2.2.5 Choix des variables indépendantes.....	76
2.2.5.1 Variables reliées aux coûts d'utilisation des véhicules.....	76
2.2.5.2 Variables reliées aux coûts d'acquisition des véhicules .....	77

2.2.5.3 Offre et tarification des stationnements .....	78
2.2.5.4 Part modale et tarification des transports collectifs .....	78
2.2.5.5 Part des taxes environnementales .....	78
2.2.5.6 Variables de contrôle .....	79
2.3 Modélisation .....	80
2.3.1 Moindres carrés généralisés, effets fixes et effets aléatoires, 2SLS .....	81
2.3.2 Problème d'endogénéité .....	82
2.3.3 Choix des variables dans les différentes simulations.....	83
2.4. Résultats obtenus .....	84
2.4.1 Kilométrage parcouru par adulte ( <i>KA</i> ).....	84
2.4.2 Consommation moyenne des véhicules ( <i>CR</i> ) .....	87
2.4.3 Stock de véhicules par adulte ( <i>SA</i> ) .....	89
2.5. Conclusion .....	91
Bibliographie.....	94

### CHAPITRE III

EFFICIENCY AND EQUITY OF ROAD GHG MITIGATION MEASURES: AN INTERNATIONAL PERSPECTIVE.....	99
3.1. Introduction.....	100
3.2. Methodology and data.....	103
3.2.1 Model specification and choice of the dependent variables .....	103
3.2.2 Data Set.....	104
3.2.3 Road GHG per capita ( <i>RGHGPC</i> ).....	108
3.2.4 Share of road transportation other than the car .....	110
3.2.5 The Gini index .....	111
3.2.6 Choice of the independent variables.....	112
3.2.7 Choice of estimation method .....	116
3.2.8 Heteroscedasticity and autocorrelation.....	117
3.2.9 Endogeneity .....	117
3.3 Results.....	118



3.3.1 Road transport GHG emissions <i>per capita</i> .....	118
3.3.2 Modal choice ( <i>TA</i> ) .....	120
3.3.3 Gini index .....	122
3.4 Conclusion .....	124
References .....	127

#### CHAPITRE IV

URBAN TRANSPORTATION POLICY ALTERNATIVES TO REDUCE GHGs AND CONGESTION: AN EMPIRICAL CANADIAN STUDY .....	131
---	-----

4.1. Introduction to the transport problem: a Montreal perspective .....	132
4.2. Methodology and data .....	135
4.2.1 Methodology .....	135
4.2.2 Data and calibration .....	144
4.3 Results .....	149
4.3.1 Four basic policies and the carbon lock-in effects .....	149
4.3.2 The oil price factor .....	152
4.3.3 The effectiveness of pricing policies .....	155
4.4 Conclusions and further remarks .....	159
References .....	162

#### CHAPITRE V

COMBINAISON OPTIMALE D'INCITATIFS ÉCONOMIQUES APPLIQUÉS AUX TRANSPORTS ET ENJEUX D'ACCEPTABILITÉ SOCIALE : ÉTUDE DE CAS POUR LA RÉGION DE MONTRÉAL .....	166
--	-----

5.1. Introduction .....	167
5.2 Analyse de quelques écotaxes appliquées aux transports .....	169
5.2.1 Efficacité des écotaxes et présence d'effets pervers potentiels .....	171
5.2.2 Bonus malus .....	172
5.2.3 Gestion de l'offre et tarification des stationnements .....	172
5.2.4 Péages urbains et taxe kilométrique .....	174
5.2.5 Frais fixes vs frais variables .....	175

5.2.6 Taxes sur les carburants.....	176
5.3 Simulations de combinaisons de mesures : modèle appliqué à Montréal.....	176
5.3.1 Méthodologie et nouvelles hypothèses.....	176
5.3.2 Synthèse graphique des résultats.....	178
5.3.3 Analyse des résultats.....	181
5.3.4 Combinaisons de mesures et financement des transports collectifs.....	186
5.3.5 Impacts socioéconomiques : simulations à l'échelle québécoise.....	186
5.4 Enjeu de l'acceptabilité sociale.....	189
5.4.1 Apport des groupes de discussion.....	189
5.4.2 Acceptabilité de la tarification en fonction de l'utilisation des revenus.....	191
5.4.3. Quelques considérations stratégiques sur l'acceptabilité sociale.....	192
5.5 Conclusion.....	193
Bibliographie.....	197
CHAPITRE VI	
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	202
6.1 Problème spécifique de recherche et cadre d'analyse.....	202
6.2 Premier volet : une perspective internationale.....	203
6.3 Deuxième volet : modèles de simulations appliqués à Montréal et enjeux d'acceptabilités sociale.....	205
6.4 Complémentarité entre les résultats des deux approches utilisées.....	206
6.5 Implications en termes de politiques publiques.....	208
6.6 Pistes de recherche.....	211
BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE.....	213
ANNEXE A	
CORRÉLATIONS ENTRE LES VARIABLES.....	234
ANNEXE B	
PRINCIPALES COMMANDES STATA UTILISÉES.....	237

## ANNEXE C

SOURCES DES DONNÉES .....	250
---------------------------	-----

## ANNEXE D

BASE DE DONNÉES POUR 37 PAYS .....	256
------------------------------------	-----

## ANNEXE E

IMPRESSIONS DU MODÈLE DE SIMULATION POUR LA RÉGION DE MONTRÉAL .....	302
--	-----



## Liste des figures

Figure		Page
1	Recettes provenant de la fiscalité environnementale, en % du PIB	4
2	Taxe sur les carburants	5
3	Variations, en termes réels, de la taxe sur l'essence (entre 2000 et 2010)	6
4	Coûts d'utilisation des véhicules (en \$ pour un kilomètre parcouru)	10
1.1	Modèle théorique d'accroissement de l'utilité collective	22
1.2	Comment la fluidité du trafic augmente la consommation d'essence	26
2.1	Stocks de véhicules pour 100 adultes ( <i>SA</i> )	72
2.2	Distances parcourues annuellement par adulte en km ( <i>KA</i> )	74
2.3	Niveaux de consommation unitaire par véhicule, moyenne du parc ( <i>CR</i> ), en litres aux 100 km	75
2.4	Niveaux de consommation unitaire par véhicule, véhicules neufs, en litres aux 100 km	75
3.1	<i>Road GHG emission variations (1990 = 100)</i>	108
3.2	<i>Road GHG emission per capita in tons (metric)</i>	108
3.3	<i>Variation of the share of transit and active transports (1990 = 100)</i>	109
3.4	<i>Share of travels by transit and active transports (in % of trips)</i>	98
5.1	Impacts sur les choix modaux, selon les sept scénarios étudiés pour Montréal	177
5.2	Impacts sur la congestion, sur les émissions de GES et sur la vitesse moyenne	178
5.3	Variations des dépenses privées en transports, selon la classe de revenus	178
5.4	Dépenses privées en transports, en pourcentage des revenus.	179
5.5	Variations du bien-être social (incluant les revenus fiscaux)	179
5.6	Niveau d'acceptabilité et réduction des émissions de GES d'un système de tarification routière, selon six variantes d'allocation des revenus	190

## Liste des tableaux

Tableau	Page
1.1 Coûts marginaux des externalités associées à l'automobile	27
1.2 Une synthèse pragmatique de la performance de divers instruments	31
1.3 Efficacité des instruments dans différents contextes	32
1.4 Taxes de congestion recommandées selon le type de route (€2008 par VKM)	34
1.5 Système canadien de redevances-remises sur les véhicules (en 2007)	41
1.6 Parts de marché des immatriculations neuves françaises, par tranches d'émissions de CO <sub>2</sub> (en %)	42
1.7 Évolution du bonus selon les taux d'émission des véhicules	42
1.8 Évolution du malus selon les taux d'émission des véhicules	43
1.9 Droits d'immatriculations additionnels, selon la cylindrée au Québec (pour 2012)	44
1.10 Taxes sur les véhicules de sociétés en France	45
1.11 Évolution de l'acceptabilité sociale de péages urbains existants	54
2.1 Liste des pays étudiés	68
2.2 Liste des variables et relations anticipées	69
2.3 Statistiques sommaires	71
2.4 Variable dépendante : kilométrage parcouru par adulte ( <i>KA</i> )	85
2.5 Variable dépendante : consommation moyenne des véhicules ( <i>CR</i> )	88
2.6 Variable dépendante : stock de véhicules par adulte ( <i>SA</i> )	91
3.1 <i>Country list</i>	105
3.2 <i>Summary statistics</i>	105
3.3 <i>List of variables and anticipated relations with the dependant variables</i>	106
3.4 <i>Dependent variable: the Road GHG per Capita (RGHGPC)</i>	118
3.5 <i>Dependent variable: the modal choice (TA)</i>	120

3.6	<i>Dependent variable: the Gini index</i>	122
4.1	<i>Description of the Anas and Timilsina's model (2009) and of our extensions</i>	125
4.2	<i>Comparison of data between the two studies</i>	139
4.3	<i>Difference between the measures studied by the two studies</i>	140
4.4	<i>Shares of trips and mode choices, by income group</i>	146
4.5	<i>Calibrated own and cross elasticity of mode choice with respect to monetary travel cost and travel time of a trip by car</i>	147
4.6	<i>Effects of the road expansion and transit improvements and the lock-in effect</i>	149
4.7	<i>Fuel efficiency improvements and the rebound effect</i>	150
4.8	<i>Anticipating oil price increase alone and with two transit scenarios</i>	153
4.9	<i>Three incentives: fuel tax, conversion of fixed charges and parking cash out</i>	155
4.10	<i>Combination of measures in a post-peak oil future</i>	157
5.1	<i>Pourcentage des employés conduisant seuls au travail, avant et après la tarification des espaces de stationnement</i>	173
5.2	<i>Hypothèses et résultats, modélisations pour la région de Montréal</i>	184
5.3	<i>Impacts de divers scénarios de consommation d'essence au Québec</i>	186

## Résumé

La réduction de la pollution et de la congestion associées au transport de personnes sont au cœur des préoccupations du développement urbain durable (Charlot-Valdieu et Outrequin, 2011). À cet égard, la présence de ces externalités négatives associées aux transports urbains découlerait en grande partie du fait que chaque véhicule impose à la société des coûts importants non défrayés par les automobilistes (Gagnon et Pineau, 2013). L'utilisation de taxes environnementales fait partie des outils envisagés pour réduire ces coûts externes (OCDE, 2006). Cela nous amène à la question générale suivante :

- L'écofiscalité représente-t-elle une solution efficace et acceptable pour réduire les externalités liées aux émissions de gaz à effet de serre (GES) et à la congestion dans le transport urbain de personnes?

Il est en effet reconnu qu'une tarification incluant l'internalisation des coûts externes devrait être une base pour tendre vers des transports durables (Santos et coll., 2010a, b). Toutefois, l'élaboration de telles politiques constitue encore un défi au niveau de la recherche (Himanen et coll., 2004). C'est dans ce contexte que nous nous posons la question spécifique suivante :

- Quelles sont les incidences, en matière d'efficacité et d'équité, de différents types de mesures, considérées individuellement et en combinaisons?

Pour y répondre, nous partons du fait que l'impact sur les émissions de GES du secteur des transports routiers découle des trois facteurs suivants : le stock de véhicules, l'efficacité énergétique moyenne de ceux-ci ainsi que le kilométrage parcouru par adulte. À ceux-ci s'ajoute la période d'utilisation, laquelle contribue au problème de congestion.

Une intervention publique ayant un impact sur une de ces variables est susceptible d'induire également un effet opposé sur une autre variable. Ainsi, une mesure destinée à encourager une amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules, comme le *bonus malus*, est susceptible d'induire une hausse de leurs stocks (en abaissant le coût des voitures d'entrée de gamme). De même, une écotaxe appliquée exclusivement aux automobilistes circulant au centre-ville (p. ex. : péage urbain) pourrait théoriquement y réduire le nombre d'automobilistes en les faisant fuir vers la banlieue, là où ils seraient susceptibles de parcourir de plus grandes distances. Il faut aussi prendre en compte qu'une amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules équivaut à une baisse du prix de l'essence. Cette dernière mesure induirait donc une hausse des distances parcourues, ce que les économistes appellent l'effet rebond. Ainsi, l'impact réel de plusieurs mesures, notamment en matière de réductions d'émissions de GES, demeure difficilement prévisible. Les incidences s'avèrent encore moins bien documentées lorsque des combinaisons de mesures sont envisagées. Cela nous mène aux questions subsidiaires suivantes :

- Quelles variables influencent le stock de véhicules, l'efficacité énergétique moyenne de ceux-ci ainsi que le kilométrage parcouru par adulte?
- Peut-on mesurer l'impact global de ces mêmes variables sur les émissions de GES, afin de discerner l'effet dominant lorsqu'un incitatif peut induire des effets opposés?
- Quelles sont, dans le cas de panier de mesures, les incidences de leur synergie?

Ensuite, en considérant qu'un des objectifs des stratégies recherchées consiste à favoriser le développement des transports collectifs, la question suivante est également posée :

- Quelle est l'incidence des mesures envisagées et de leurs combinaisons sur les taux d'utilisation des transports collectifs?

Répondre à ces questions donnera des indications sur l'efficacité des mesures étudiées visant à réduire les émissions de GES, la congestion et à faciliter l'utilisation des transports collectifs. Toutefois, leur impact social demeure également un enjeu majeur, notamment en matière d'acceptabilité, d'où une dernière question :

- Quelles combinaisons de mesures tendraient à apporter une amélioration du bien-être de la société, en particulier pour les ménages les moins fortunés et ceux de la classe moyenne?

Nous présentons ici les résultats de plusieurs études quantitatives visant à répondre à ces questions. Celles-ci empruntent deux approches différentes et complémentaires. Une participation à deux groupes de discussion complète la démarche. L'ensemble des travaux est présenté sous forme de quatre articles, dont deux sont rédigés en anglais, pour des fins de publications ultérieures. Des ajustements seront toutefois nécessaires.

### **Description sommaire des études réalisées**

Les deux premiers articles présentent les résultats de deux études économétriques basées sur la même banque de données appliquée à l'échelle internationale. Celle-ci porte sur 37 pays, avec des données réparties sur 21 ans (1990 à 2010).

#### **Premier article (chapitre II) : « Distances parcourues, stocks de véhicules et efficacité énergétique : une perspective internationale »**

Une analyse multivariée a été réalisée afin d'identifier, dans un premier article, quels facteurs influencent les taux de possession de véhicules par adulte, le kilométrage parcouru par adulte et l'efficacité moyenne du parc de véhicules. Ces trois facteurs s'avèrent déterminants relativement aux niveaux d'émissions de GES.

#### **Deuxième article (chapitre III) : “Efficiency and Equity of Road GHG Mitigation Measures: an international Perspective”**

Alors que l'objectif de réduire les émissions de gaz à effet de serre et d'accroître l'utilisation des transports collectifs est souvent évoqué dans les politiques publiques en matière de gestion urbaine, il est pertinent d'évaluer l'efficacité relative de diverses variables susceptibles de les affecter. Il est aussi intéressant de connaître les incidences de ces mêmes variables en termes d'équité, un facteur déterminant dans l'acceptabilité sociale des politiques envisagées. Dans un deuxième article, nous avons retenu les trois variables dépendantes suivantes : les émissions de GES dans le secteur des transports routiers par personne, les taux nationaux d'utilisation des transports collectifs et actifs et, finalement, un indicateur d'équité sociale, l'indice de *GINI*. Ce dernier est utilisé entre autres par les Nations Unies afin de mesurer la répartition de la richesse.

#### **Troisième et quatrième articles (chapitres IV et V) : “Urban Transportation Policy Alternatives to Reduce GHGs and Congestion: an Empirical Canadian Study et « Analyse**



## **empirique d'incitatifs économiques appliqués aux transports et enjeux d'acceptabilité sociale »**

Dans les troisième et quatrième articles, nous avons appliqué à la région métropolitaine de Montréal un modèle développé par Anas et Timilsina (2009) sur la ville de São Paulo. Il s'agit d'un modèle logistique qui permet de reproduire les parts modales pour trois modes de transport. Les résultats donnent une estimation de l'impact de différentes mesures et combinaisons de mesures en matière de choix modal et d'incidences sur les niveaux de congestion. Ils offrent également une estimation de leurs impacts socioéconomiques pour six classes de revenus distincts. Parmi les scénarios simulés, nous avons également inclus l'anticipation de hausses significatives des prix du pétrole. Nous pouvons ainsi évaluer l'incidence des mesures étudiées dans un contexte beaucoup plus proche de celui dans lequel elles risquent de se voir implanter.

Dans le troisième article, nous testons le modèle en simulant séparément plusieurs types de mesures et de situations. Dans le quatrième, article, nous utilisons le même modèle afin de tester l'incidence d'une combinaison incrémentale de mesures. Puis nous complétons l'article par une discussion sur les enjeux touchant l'acceptabilité sociale des mesures envisagées.

Cette dernière discussion a pu bénéficier des résultats de deux groupes de discussion, organisés par le Groupe de recherche appliquée en macroécologie (GRAME) et tenus en avril 2010. Seize participants issus de différentes organisations socioéconomiques représentatives de la région montréalaise y ont pris part. De l'ensemble de ces travaux et démarches, nous pouvons tirer plusieurs conclusions. En voici les principales.

### **Principales conclusions**

Nous présentons les résultats en fonction des réponses apportées à trois grandes questions.

1. Premièrement, quelles sont les effets de différents incitatifs sur les émissions de GES, sur la congestion ainsi que sur les taux d'utilisation des transports collectifs?

Nous obtenons trois résultats notables en réponse à cette question. Premièrement, les écotaxes qui imposent un coût à l'usage des véhicules (donc qui touchent les coûts variables) ont davantage d'impacts sur ces trois enjeux que tout autre incitatif économique. La hausse des taxes sur l'essence, la mise en place de péages urbains ainsi que la tarification des espaces de stationnement s'avèrent ainsi préférables aux hausses des frais d'immatriculation ou des taxes sur la masse salariale.

Deuxièmement, les États qui imposent des taxes moins élevées aux petits véhicules tendent effectivement à avoir des parcs plus écoénergétiques. Par contre, cela favorise également une hausse du nombre de véhicules. Au total, ce dernier effet semble dominer relativement aux niveaux d'émissions de GES. Un *bonus malus* devrait ainsi vraisemblablement être complété par d'autres mesures, afin d'en tirer les bénéfices tout en minimisant les effets pervers.

Troisièmement, comme démontré, l'offre et la tarification des espaces de stationnement constituent des facteurs importants visant la gestion de la demande de transport. Ces facteurs ont été largement négligés dans les politiques ainsi que les études antérieures. Dans cette optique, il faudrait notamment revoir les conditions avec lesquelles ceux-ci sont fournis (en grande majorité gratuitement) aux travailleurs.

## 2. Quelles sont les incidences des mesures ou des combinaisons de mesures en matière de bien-être et d'équité sociale?

Nous retenons ici quatre résultats. *Primo*, deux mesures se démarquent particulièrement par leur caractère progressif : i) l'imposition d'un *parking cash out* et ii) la mutation des frais fixes d'immatriculation et d'assurances sous forme de frais variables, associés au kilométrage parcouru. Inclure ces mesures pourrait tendre également à rendre une stratégie plus large également plus progressive.

Ensuite, des écotaxes, telles que les taxes sur l'essence, s'avèrent globalement progressives dans la mesure où les citoyens à plus faibles revenus ont des taux de motorisation particulièrement faibles. Elles sont néanmoins régressives si l'on ne considère que les impacts pour les automobilistes. En contribuant à l'amélioration des transports collectifs, les fonds amassés permettent toutefois d'accroître le bien-être et profitent particulièrement aux moins nantis.

Enfin, les hausses des prix du pétrole tendent à appauvrir l'ensemble de la société. Les moins nantis et, dans une certaine mesure, la classe moyenne sont toutefois particulièrement touchés. En fait, le pire scénario est celui où l'État réduirait les subventions dans le financement des transports en commun à la suite d'une augmentation du prix du pétrole qui aurait miné l'économie et ses entrées fiscales. Ce scénario correspond à la situation vécue récemment chez nos voisins américains. Dans ce scénario, les automobilistes subissent la hausse des prix du carburant, tandis que toute la société s'appauvrit (ce qu'anticipent nos modélisations pour la région de Montréal).

Finalement, certaines combinaisons de mesures s'avèrent à la fois plus efficaces pour réduire l'usage de l'automobile et favoriser les transports publics tout en permettant d'atténuer l'impact des hausses des cours du pétrole sur le bien-être social en général et sur les moins nantis en particulier. Ce sont les combinaisons qui intègrent à la fois des écotaxes destinées à obtenir du financement pour les transports collectifs (taxes sur l'essence, péages) et l'imposition d'un *parking cash out* ainsi que la mutation des frais fixes d'immatriculation et d'assurances sous forme de frais selon le kilométrage parcouru.

## 3. Quelles leçons peut-on tirer sur le plan de l'acceptabilité sociale?

Afin de répondre à cette question, nous définissons l'acceptabilité sociale en nous basant sur les travaux de Brunson (1996). Nous établissons ainsi l'acceptabilité sociale comme étant la comparaison que fait chaque citoyen entre le scénario de référence qu'il considère et l'alternative qui lui semble la plus prometteuse parmi les solutions de rechange qui lui sont proposées. Certaines mesures pourraient être rejetées par des citoyens qui désireraient revenir à une situation passée, notamment avec l'essence à bon marché. Cependant, le choix réel portera vraisemblablement sur différentes mesures dans un contexte où des hausses du prix des carburants pourraient fort probablement survenir.

Ainsi, une combinaison de mesures pourrait permettre d'atteindre des objectifs plus ambitieux, toute en étant plus acceptable socialement que ne le serait, seule, la plus efficace, soit une hausse des taxes sur les carburants. Il pourrait s'avérer politiquement difficile de réussir à accroître ces dernières à des taux suffisamment élevés, dans le contexte où les prix des carburants sont déjà marqués par une tendance haussière (de près de 20 % pour l'essence en 2011). Avec une combinaison optimale de mesures formant une stratégie cohérente, les automobilistes constateraient des bénéfices substantiels en matière de diminution de la congestion, alors que



plusieurs ménages pourraient même se départir d'un véhicule. Parallèlement, les sociétés de transports publics assisteront à une hausse plus importante de leur taux d'utilisation que celle qui aurait découlé de la seule augmentation de leur offre de services. Il en résultera donc une croissance de l'autofinancement qui s'ajoutera aux nouvelles sources de revenus ainsi obtenus.

Nous pouvons tirer plusieurs conclusions en termes d'implications politiques. D'abord, les écotaxes devraient être considérées comme une des pierres d'assise d'une politique destinée à mettre le secteur des transports sur la voie du développement durable. Une stratégie optimale requiert ainsi de financer le développement des infrastructures de transports à partir de taxes environnementales plutôt qu'avec des taxes traditionnelles (p. ex. : taxes de vente ou taxes sur la masse salariale). Ensuite, il serait préférable d'accroître les taxes touchant les frais d'utilisation des véhicules (c.-à-d. taxes sur l'essence et sur les stationnements, frais kilométriques ainsi que péages urbains) plutôt que les frais fixes (immatriculation). En plus des écotaxes susceptibles de contribuer notamment au financement du développement des transports collectifs, trois autres mesures mériteraient d'être également implantées : i) une tarification des espaces de stationnement fournis gratuitement, particulièrement au travail, ou, à défaut de celle-ci, l'adoption d'un programme d'indemnités de stationnement (*parking cash out*); ii) la mutation des frais fixes actuels (d'immatriculation et d'assurances) sous forme de frais kilométriques et iii) l'implantation d'un *bonus malus* pour améliorer l'efficacité énergétique du parc de véhicules. Une combinaison optimale de mesures dans une stratégie cohérente induirait de fortes réductions dans les taux de possession de véhicules ainsi que les distances parcourues. Il serait ainsi possible d'octroyer une part significative des fonds prévus pour les investissements routiers vers le développement des infrastructures de transports collectifs. Cela permettrait de compléter les montages financiers requis pour moderniser nos infrastructures de transports. L'ensemble de cette stratégie peut s'avérer une condition *sine qua non* pour accroître la résilience de nos villes et de notre économie en contexte de cours élevés du pétrole, tout en relevant le défi des changements climatiques.

## INTRODUCTION : PRÉSENTATION DU PROBLÈME SPÉCIFIQUE DE RECHERCHE

### 1. Mise en contexte

*“Every time I reduce the price of the car by one dollar I get one thousand new buyers.”*

Henry Ford

Gérer la fin de l'ère du pétrole à bon marché tout en contribuant à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) tenues responsables des changements climatiques, voilà un défi susceptible de bouleverser notre conception des villes et des transports. C'est dans ce contexte que l'OCDE (2006b) recommande de modifier la fiscalité afin de découpler la croissance économique de la consommation de pétrole. En parallèle, on peut constater que plusieurs villes et États ont accru leurs investissements dans les infrastructures de transports collectifs et actifs (ITF, 2011b). En témoigne ainsi la résurgence du tramway dans plusieurs villes, notamment en Europe et en Amérique du Nord.

Au Canada, le retrait du gouvernement fédéral du protocole de Kyoto<sup>1</sup> n'empêche pas l'émergence de plusieurs initiatives, tant à l'échelle municipale que provinciale. Ainsi, le gouvernement du Québec maintient son engagement à réduire les émissions québécoises de GES de 20 % d'ici 2020, par rapport aux niveaux de 1990<sup>2</sup>. La Société de transport de Montréal (STM) et plusieurs autres transporteurs publics proposent des plans de développement susceptibles de transformer nos villes, mais nécessitant des investissements substantiels. Ceux-ci pourraient être de l'ordre de 23 milliards de dollars d'ici 2020 pour la région montréalaise (CMM, 2011 et 2012; Transit, 2012). Dans ce contexte, des décisions cruciales doivent être prises :

- Jusqu'où doit-on aller dans le développement (et le financement) des transports collectifs?

---

<sup>1</sup> <http://www.lapresse.ca/environnement/201112/12/01-4477179-le-canada-se-retire-du-protocole-de-kyoto.php>

<sup>2</sup> Site MDDEP, consulté le 14 août 2014.

- Quelles sont les meilleures sources de financement? Doit-on privilégier des taxes ou des charges plus « traditionnelles » (comme la taxe sur la masse salariale appliquée à Portland) ou tendre vers les écotaxes (donc viser les automobilistes, à l'instar d'un nombre croissant de villes et d'États)? Si l'on adopte une fiscalité qui touche particulièrement les automobilistes, doit-on accroître les frais fixes (e. g. : sur l'immatriculation des véhicules) ou plutôt viser les frais variables (e. g. : péages urbains et hausses des taxes sur l'essence et le stationnement)?

Selon le critère d'optimisation potentielle de Pareto, il peut s'avérer acceptable d'adopter un ensemble de mesures si des bénéfices supérieurs aux coûts sont attendus et qu'ainsi les gains obtenus par certains puissent compenser les pertes subies par d'autres. À cet égard, une meilleure anticipation des coûts et des avantages constitue un apport indéniable au processus d'adoption de politiques publiques. Ensuite, il est de plus en plus reconnu, dans le secteur des transports, que l'omission de nombreux coûts environnementaux et sociaux induit une utilisation non optimale des véhicules. Les consommateurs sont ainsi incités à acquérir plus de véhicules, souvent moins efficaces, et à les utiliser davantage que s'ils avaient eu à assumer les véritables coûts de leurs choix. La même logique amène d'ailleurs à considérer les bénéfices externes associés à l'utilisation des transports collectifs comme des justifications fondamentales à l'apport d'une contribution publique à leur financement.

Des chercheurs et des décideurs étudient l'application d'incitatifs économiques qui permettraient d'internaliser les coûts externes associés à l'usage de l'automobile<sup>3</sup>. Pendant ce temps, d'autres s'interrogent sur les leviers de financement susceptibles de favoriser les transports collectifs<sup>4</sup>. Ces interventions doivent s'inscrire dans un contexte où il est difficile de réformer le système fiscal et d'ajouter de nouvelles taxes sans faire face à de nombreux opposants. Ceux-ci ont d'ailleurs eu raison de plusieurs mesures projetées. Les arguments les plus couramment invoqués, en opposition à l'instauration d'écotaxes, concernent la présence de doutes relativement à l'efficacité des mesures ainsi qu'à leurs incidences sociales,

---

<sup>3</sup> Voir notamment Blow et coll., 2003 ; Bordoff et Noel, 2008 ; Calthrop et coll., 2000 ; Carnism, 2002 ; CERTU, 2001 ; CEMT, 2003 ; Davis et coll., 1995 ; Derycke, 2000 ; Ekins et Dresner, 2004 ; European Commission, 2011 ; Langer, 2005 ; Litman, 2009 ; OCDE, 2006 a et b ; Parry et Small, 2004 ; Rommerskirchen et coll., 2010 ; Shoup, 1997 ; Stermer, 2007 ; Weinberger et coll., 2010.

<sup>4</sup> Voir notamment Ahlstrand, 2001 ; Armelius and Hultkrantz, 2006 ; Chen et coll. 2006 ; Transit, 2011 ; Van Goeverden et coll., 2006.

particulièrement en matière d'équité (Langmyhr, 1997; CERTU, 2001). Par efficacité, on entend ici la capacité à atteindre les objectifs pour lesquels les mesures ont été implantées, que ce soit réduire les émissions de GES ou la congestion, par exemple. L'incidence sociale peut se refléter dans l'impact sur le bien-être général ainsi qu'en matière d'équité sociale.

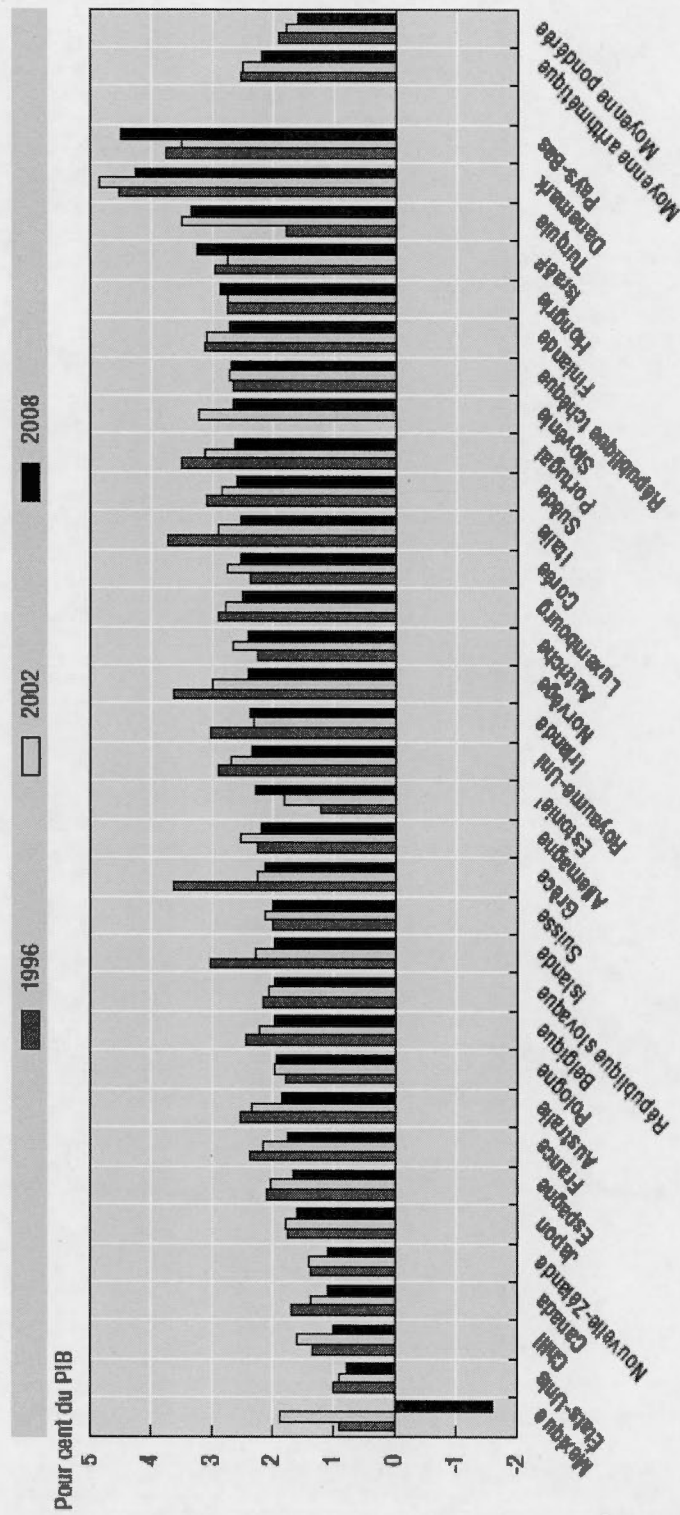
## **2. Rôle de l'écofiscalité**

Il y a coût externe, ou externalité négative, lorsque les activités d'un agent ou d'un groupe d'agents économiques ont un impact négatif sur d'autres individus sans que cet impact ne soit pris en compte ou ne fasse l'objet d'une compensation de la part de ceux qui l'ont généré. C'est un coût qui n'est pas pris en compte par les marchés ni dans les décisions des agents économique. Il y a internalisation de ce coût externe quand une intervention publique permet que celui-ci puisse être pris en compte dans le processus décisionnel du marché (par ex. par l'imposition d'une écotaxe).

Il est généralement reconnu, dans la littérature académique (Verhoef et coll., 1995; Lindsey, 2006) tout comme par plusieurs organisations (OCDE, 2006a; European Commission, 1995 et 2011), que l'internalisation des coûts externes des véhicules devrait constituer un élément fondamental et incontournable des politiques de transport (voir la revue de littérature au chapitre I). Un objectif que l'OCDE (2008, pp. 34-35) appuie :

Le prix des transports reflète rarement l'intégralité de leurs coûts sociaux et environnementaux, ce qui se traduit par une utilisation excessive et par des choix peu judicieux quant au mode de transport à utiliser. La tarification des transports devrait tenir pleinement compte du coût des atteintes à l'environnement et à la santé, par exemple par le biais de la fiscalité des carburants (y compris la suppression des exonérations fiscales) et de la tarification routière.

Si l'on considère l'augmentation du nombre d'écotaxes appliquées, du moins dans les pays membres de l'OCDE (OCDE, 2010a), leur usage s'avère en progression. Malgré cela, leur importance relative, en pourcentage du PIB, aurait plutôt eu tendance à décliner (figure 1).



**Figure 1** Recettes provenant de la fiscalité environnementale, en % du PIB.  
(Tirée d'OCDE, 2010, p. 37<sup>5</sup>)

<sup>5</sup> Les fluctuations des prix à la consommation sur les véhicules automobiles sont lissées dans le cas du Mexique. En 2008, les taxes d'accises sur le pétrole sont devenues, dans les faits, des subventions représentant 1,8 % du PIB.



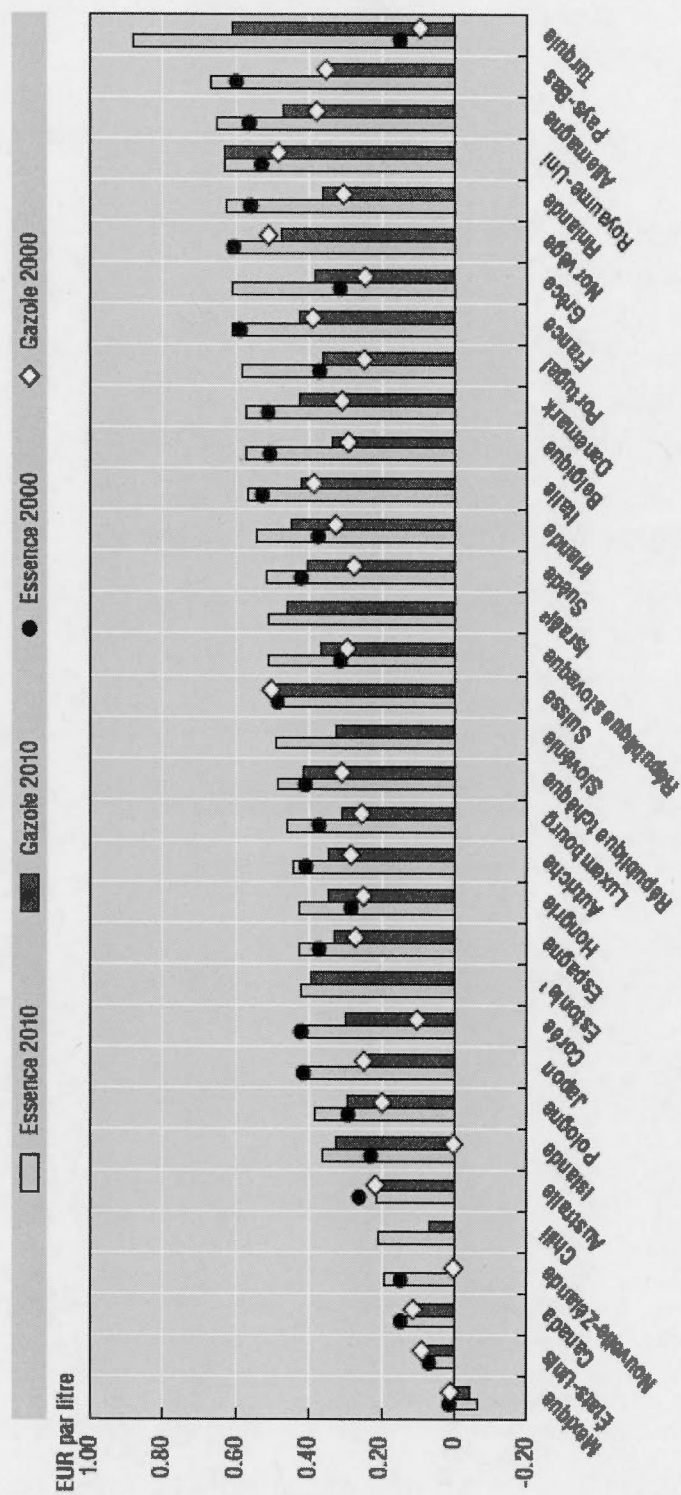
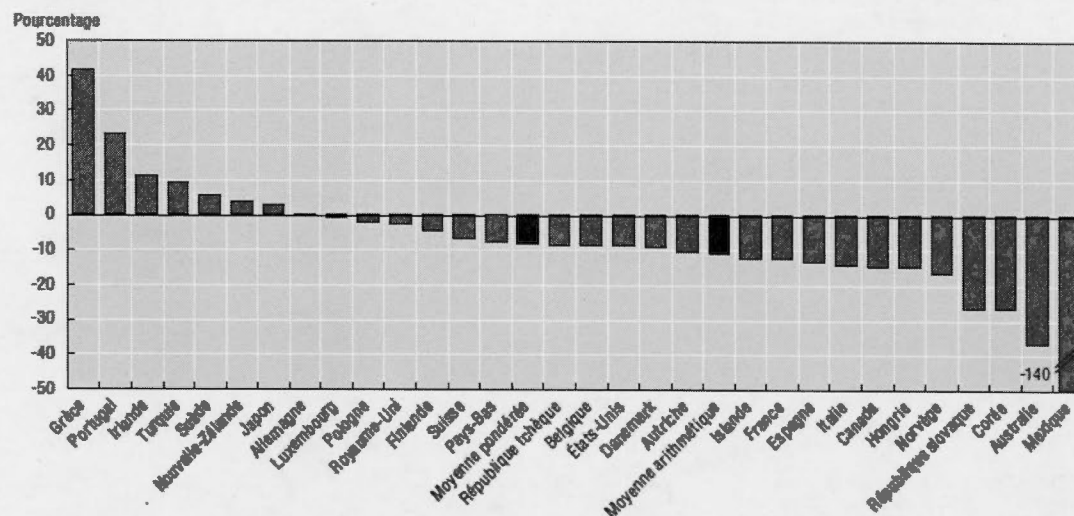


Figure 2 Taxes sur les carburants en euros de 2009. (Tirée d'OCDE, 2010, p. 42.)



**Figure 3** Variations en termes réels de la taxe sur l'essence entre 2000 et 2010.  
(Tirée d'OCDE, 2010, p. 45).

Ce déclin s'expliquerait vraisemblablement par le fait que les taux des écotaxes tendraient à progresser à un rythme insuffisant pour qu'elles maintiennent leur rôle dans l'économie. Ainsi, les hausses des taxes sur les carburants (figure 2) ont été inférieures aux taux d'inflation dans plusieurs pays. En d'autres mots, une baisse des taxes sur l'essence, en termes réels, en a découlé (figure 3).

En effet, la mise en œuvre des écotaxes recommandées par plusieurs experts<sup>6</sup> se bute à plusieurs obstacles, particulièrement sur le plan de leur acceptabilité sociale (CERTU, 2001). Ainsi, même lorsqu'elles sont finalement mises en œuvre, leurs taux seraient souvent trop faibles pour obtenir l'effet incitatif recherché (OCDE, 2008). Pire, certaines subventions et pratiques tarifaires existantes pourraient induire des incidences opposées à celles des écotaxes (OECD, 2008). Un exemple l'illustrant serait les stationnements fournis gratuitement aux travailleurs (Shoup, 1997).

<sup>6</sup> Voir Himanen et coll., 2004; Hsu et coll., 2009.



Finalement, ces taxes ne couvriraient qu'une partie – décroissante – des coûts engendrés par les véhicules (Gagnon et Pineau, 2012). Ainsi, le financement du transport en commun de la région métropolitaine de Montréal repose de plus en plus sur les usagers, dont la contribution est passée de 36 % à 44 % en 15 ans, alors que celle des automobilistes a stagné à 8 %<sup>7</sup>.

Nous assistons néanmoins à un regain d'intérêt pour l'utilisation d'incitatifs économiques en gestion des transports. À l'objectif de réduire la congestion et la pollution s'ajoute maintenant celui de favoriser l'utilisation des transports collectifs, soit par effet incitatif, soit en tant que sources de financement.

### 3. Enjeu du développement des transports collectifs

« L'offre, la fréquence et la sécurité des transports publics devraient être renforcées, afin de fournir une solution de remplacement viable aux voitures », recommande l'OCDE (2008, p. 35). Plusieurs pays ont effectivement accru leurs investissements dans les infrastructures de transports collectifs et actifs (Guerra et Cervero, 2011; ITF, 2011b). Le regain de la part du rail dans les services de transports publics en témoigne (Kenworthy, 2011). Celui-ci s'intègre dans la popularité croissante des aménagements axés sur les transports collectifs (*Transit-oriented development, TOD*) et sur la réimplantation des tramways et des trains légers dans de nombreuses villes du monde (Cervero et Sullivan, 2011).

Certes, les tramways prévus dans le *Plan de transport* de la Ville de Montréal (2008) se font encore attendre, tout comme la réintroduction des trolleybus. Néanmoins, tant dans la région montréalaise qu'à l'échelle du Québec, l'offre de service a été bonifiée au cours des dernières années, dans la foulée de la *Politique québécoise du transport collectif 2006 - 2011* (MTQ, 2006). Le nombre de kilomètres parcourus en autobus et en métro a ainsi augmenté de 23 %

---

<sup>7</sup> Cardinal, F. (2013) « Stationnements désincitatifs », *La Presse*, 19 décembre 2013 :

<http://www.lapresse.ca/debats/editoriaux/francois-cardinal/201312/18/01-4722295-stationnements-desincitatifs.php>. « Les usagers voient en effet leurs tarifs augmenter chaque année plus que l'inflation, comme l'ont d'ailleurs annoncé à nouveau les sociétés de transports, hier, alors que les automobilistes sont épargnés. La taxe sur l'essence a connu une légère hausse en 2010, mais elle n'a pas bougé pendant les 15 années précédentes. Quant à la contribution liée à l'immatriculation, elle est la même en banlieue depuis 1992! »

entre 2006 et 2011. Cette stratégie aura porté ses fruits. L'Association du transport urbain du Québec (ATUQ) en présente un bilan très positif, en estimant à 11 % l'augmentation de l'achalandage durant la même période<sup>8</sup>. Cette hausse dépasse d'ailleurs la cible de 8 % que s'était fixée le gouvernement dans sa politique.

La Communauté métropolitaine de Montréal (CMM) a adopté, en décembre 2011, son premier *Plan métropolitain d'aménagement et de développement* (PMAD). Celui-ci prévoit favoriser les aménagements axés sur le transport en commun (AATC - mieux connus sous l'expression *Transit Oriented Development – TOD*) pour au moins 40 % des nouveaux développements résidentiels. Il vise également à réduire la place de l'automobile, tout en haussant celle des transports collectifs (CMM, 2011, p. 5) :

En matière de transport, le PMAD établit l'orientation que le Grand Montréal ait des réseaux et des équipements de transport performants et structurants. Pour ce faire, le PMAD propose de développer le réseau de transport en commun métropolitain afin de hausser la part modale du transport en commun, actuellement de 25 %, à 30 % de l'achalandage en période de pointe du matin d'ici 2021 et à 35 % d'ici 2031. Le développement de ce réseau, qui nécessite au moins 23 G\$ d'investissements, est essentiel pour augmenter la mobilité durable et favoriser la réduction des émissions de gaz à effet de serre dont une grande partie est émise par les véhicules routiers.

Les autorités organisatrices des transports collectifs dans le Grand Montréal recommandent donc maintenant des investissements de l'ordre de 22,9 milliards de dollars au cours des dix prochaines années (Transit, 2011). La commission du transport de la Communauté métropolitaine de Montréal tenait d'ailleurs, au printemps 2012, des consultations publiques portant justement sur les instruments destinés à financer les projets de développement des transports collectifs (CMM, 2012). Péages urbains, hausses des taxes sur l'essence, tarification des espaces de stationnement, augmentation des frais d'immatriculation et taxes sur la masse salariale font partie des nombreuses mesures proposées par les divers intervenants<sup>9</sup>. Jauger la pertinence de chacune d'elles et trouver le rôle potentiel que chacune serait susceptible de jouer dans les futures politiques constituent un vaste défi que le Québec

---

<sup>8</sup> [http://www.atuq.com/library/images/contentImages/atuq\\_bilan\\_positif\\_pol\\_transport\\_collectif.pdf](http://www.atuq.com/library/images/contentImages/atuq_bilan_positif_pol_transport_collectif.pdf)

<sup>9</sup> <http://cmm.qc.ca/transport-en-commun-et-reseau-arteriel-metropolitain/competence/>

commence à peine à relever. Gagnon et Pineau (2012) soulèvent bien l'importance de cet enjeu :

Il ne suffit pas de revoir le financement du transport en commun, mais il faut aussi corriger les signaux de prix auxquels font face les usagers de véhicules individuels privés. Ce second élément est nécessaire pour corriger la concurrence déloyale qu'exerce l'automobile envers le transport en commun.

En effet, selon la théorie économique, il n'est justifié de financer le transport collectif que dans la perspective où les automobilistes ne défraient pas l'ensemble des coûts qu'ils imposent à la société (Small and Verhoef, 2007). Gagnon et Pineau (2012) estiment ainsi à 5 212\$ les coûts externes que chaque automobile imposerait annuellement à la société québécoise, dont un minimum de 3 000\$ en subventions directes assumées par les gouvernements. La prochaine section traite de cet enjeu majeur.

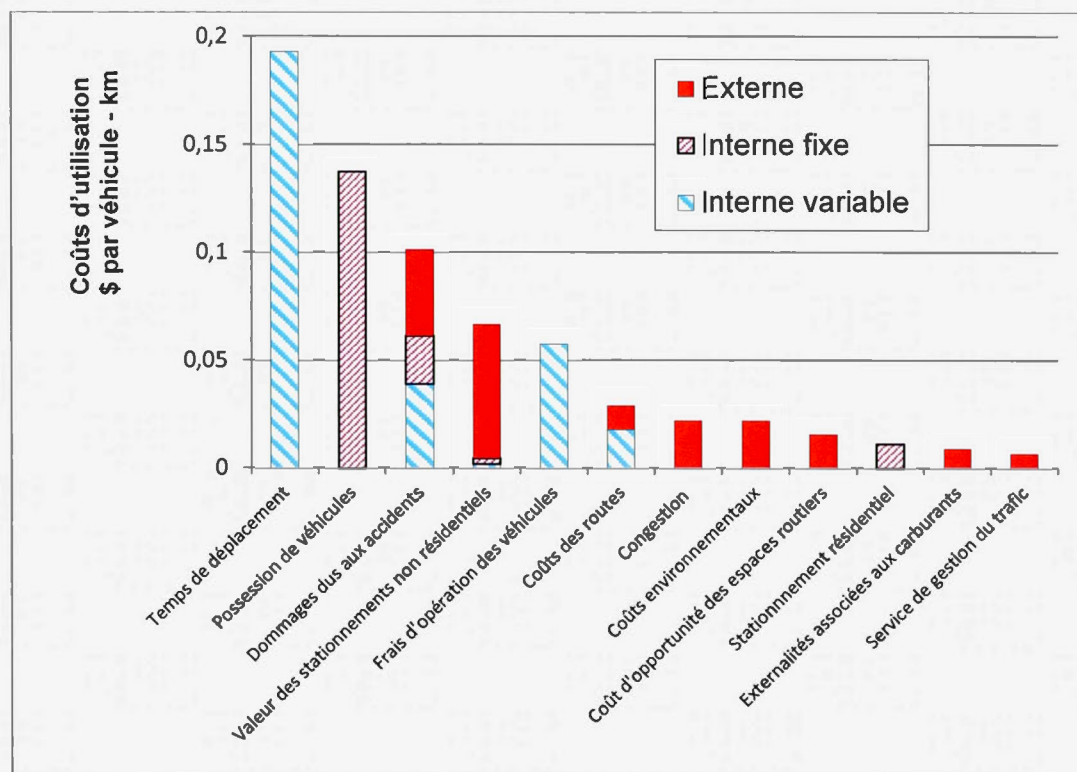
#### **4. Pollution, congestion et autres externalités**

L'utilisation de l'écofiscalité est susceptible de s'intégrer aux politiques visant à répondre à plusieurs enjeux (Rommerskirchen et coll., 2010). Certes, l'un de ceux-ci demeure le financement du développement des transports collectifs (Small, 2004; Drzymala, 2011). L'utilisation d'incitatifs économiques peut également jouer un rôle dans la réduction des coûts externes associés à l'automobile (Bräuningner et coll., 2012).

Litman (2002) présente un portrait détaillé des coûts d'utilisation des véhicules (voir la figure 4), en distinguant les coûts internes (assumés par l'automobiliste) et externes (reportés sur d'autres acteurs, voire l'ensemble de la société). Il comptabilise ainsi huit types de coûts externes qui leur sont associés. Ceux-ci incluent notamment les coûts relatifs à l'environnement, à la congestion et aux accidents<sup>10</sup>. Dans son analyse, le coût externe le plus important est toutefois relié aux espaces de stationnement non résidentiels, dont la gratuité encouragerait une hausse des déplacements et des impacts associés. Une conclusion qui rejoint celle de Shoup (2005).

---

<sup>10</sup> Dans le cas des accidents, par exemple, l'auteur distingue les coûts fixes et variables assumés par les automobilistes (incluant les assurances, dont le déductible assumé par l'assuré) et ceux défrayés par d'autres acteurs. Ses estimations rejoignent celles faites plus récemment par Gagnon et Pineau (2013).



**Figure 4** Coûts d'utilisation des véhicules, en \$ pour un kilomètre parcouru.  
(Adapté de Litman, 2002.)

L'utilisation de l'écofiscalité pourrait donc permettre de réduire plusieurs de ces coûts externes, ce qui serait susceptible d'engendrer d'importants bénéfices économiques. Notons, par exemple, que la diminution des émissions de GES tenues responsables du problème des changements climatiques constitue un enjeu reconnu pour le Québec. Le gouvernement s'est engagé à réduire de 20 % les émissions de GES de la province à l'horizon 2020 relativement au niveau de 1990<sup>11</sup>. Considérant les réductions déjà consenties dans le secteur industriel et une production d'électricité presque exclusivement de source renouvelable, l'atteinte de cet objectif ne sera possible que par des gains importants dans le secteur des transports (MDDEP, 2014). En effet, une hausse de 29,5 % des émissions québécoises de GES a été observée dans

<sup>11</sup> Site web du MDDEP, consulté le 14 août 2014.



le secteur des transports de 1990 à 2011. Ce secteur est devenu la principale source québécoise, avec 44,3 % des émissions provinciales en 2011 (MDDEP, 2014). Sans cette hausse, le Québec aurait vraisemblablement réussi à respecter les objectifs du protocole de Kyoto.

De plus, selon une étude réalisée pour le ministère des Transports du Québec (Joubert et coll., 2009), les coûts de la congestion dans la région métropolitaine de Montréal seraient en croissance. Ils auraient représenté une perte économique de 1,4 milliard de dollars en 2003. Les coûts associés aux accidents sont également importants (Edlin et Mandic, 2006). Quant aux espaces de stationnement fournis gratuitement, Shoup (2005) estime qu'ils imposent des coûts équivalant à un pour cent du PIB américain. Des réductions des différents coûts externes associés aux transports seraient donc indubitablement susceptibles d'induire des bénéfices pour la société.

## 5. Défi de la mise en œuvre

Himanen et coll. (2004) font la recension d'une centaine d'études dans le domaine des transports en provenance de l'Europe, des États-Unis et du Canada. Ils en ont tiré le constat suivant : il est généralement considéré qu'une tarification incluant l'internalisation des coûts externes devrait être une base pour tendre vers des transports durables; toutefois, le design de telles politiques constitue encore un défi au niveau de la recherche :

*Despite a host of assessment uncertainties, there is a consensus that emissions from motorized transport are a very important source of negative health impacts, notably in large metropolitan areas (p. 695). ... Efforts to integrate the environment, safety (and security), health, land use and congestion into a comprehensive approach to assessing impacts was seen as deserving more attention on both sides of the Atlantic, but rarely attempted... Tradeoffs between impact domains were seen as even more rare." (p. 697). ... On this first issue, it is concluded that the understanding of impacts is uneven, and with some notable exceptions, poorly integrated. In particular, where there is no real commitment to internalizing costs, there is little incentive to develop assessment frameworks that support decisions about tradeoffs between costs (and benefits) in multiple domains. (p. 697). ... it is concluded that research evidence on the sustainability of transport is not so clearly visible from the policy side, even in areas such as pricing and certain urban development strategies, on which there is substantial expert agreement. Part of the problem is that sustainability is only one consideration as something that has to be 'set off' against*

*affordability, equity and acceptability in a calculus that often treats transport sustainability in isolation" (p. 700). ... A related problem is that when policies are developed to mitigate negative impacts of transport in one domain, they may involve different institutional actors from those taking decisions in another domain, and conflicting policies sometimes result." (p. 701).*

*Une des pistes de recherches envisagées : "Demonstration of 'theoretically correct' policy packages in some urban areas. ... Such experimental implementations would require a holistic approach that respects the complexity of impact domains and their interactions, and a broad reach of the accompanying evaluation research. ... Care would be needed to ensure that study locations in different countries were chosen to maximize the comparability of results" (p. 702).*

Ainsi, les études portant sur l'application pour le Québec et pour le Canada (ex. : Marbek Resource Consultants et coll., 2005) ne touchent que certaines mesures, en posant des hypothèses limitées. Peu de chercheurs abordent l'enjeu des combinaisons de mesures. L'OCDE (2007) a d'ailleurs publié un recueil sur les combinaisons d'incitatifs économiques en gestion de l'environnement portant sur nombre de domaines d'application, dont est toutefois exclu celui des transports.

Pourtant, il été démontré que certaines combinaisons d'options peuvent induire des bénéfices supérieurs à ceux anticipés pour chacune des mesures considérée séparément. Anas et Rhee (2006) ont démontré que la combinaison de péages urbains avec une frontière à l'expansion des villes visant à limiter l'étalement urbain permettait de limiter la perte sèche que pourrait impliquer cette dernière mesure si elle devait être prise seule. En analysant les lacunes dans le marché associé aux économies de carburant des véhicules privés, Van Dender (2009) recommande de combiner la réglementation sur l'efficacité énergétique avec des taxes sur les carburants. Calthrop et coll. (2000) évaluent favorablement la pertinence de combiner péages urbains et taxes sur les espaces de stationnement.

D'autres recherches confirment l'intérêt à investir dans les infrastructures visant à rendre plus attrayants les transports collectifs et actifs, afin d'en accroître la compétitivité (Poudenx, 2008). Plusieurs études concluent toutefois que la seule amélioration des services de transports collectifs n'induirait que de très faibles gains environnementaux, mais que leur combinaison avec des incitatifs économiques permettait d'accroître ceux-ci considérablement (voir la recension de Johnson, 2003).

Ensuite, toute nouvelle politique devra tenir compte du contexte de cours élevés des prix du pétrole (FIT-OCDE, 2008). Celui-ci aura un impact économique direct, susceptible d'influer sur les choix des consommateurs. Il pourrait aussi avoir des répercussions sur l'efficacité et l'acceptabilité sociale des différentes politiques envisagées.

En effet, le rejet fréquent des plans et politiques recommandés par la théorie économique reflète le dilemme actuel dans la planification des transports (Talvitie, 2006). Un dilemme qu'il faudra vraisemblablement surmonter, d'autant plus si l'on veut mettre en œuvre des politiques permettant d'atteindre des objectifs importants en matière de réduction des émissions de GES. Ainsi, l'augmentation du financement des transports collectifs pourrait s'avérer insuffisante si elle n'est pas accompagnée de mesures visant à internaliser (du moins partiellement) les coûts engendrés par les véhicules.

De plus, l'ampleur des réductions nécessaires pour atteindre les objectifs gouvernementaux est telle qu'il est probable qu'aucune des mesures incitatives connues ne pourrait, à elle seule, permettre leur atteinte (Johnson, 2003)<sup>12</sup>. Considérant la synergie et la complémentarité potentielle entre les différentes mesures, nous pouvons envisager qu'en les combinant de certaines manières, il devrait s'avérer possible d'en maximiser l'efficacité relativement à l'atteinte des objectifs escomptés. Cela requiert toutefois d'en minimiser leurs potentiels effets pervers, incluant les incidences négatives qu'elles pourraient éventuellement avoir sur les groupes de citoyens les plus vulnérables.

Donc, l'importance de l'utilisation d'incitatifs économiques pour la gestion des transports dans une perspective de développement durable est reconnue. Par contre, leur mise en œuvre représente toutefois de grands défis, tant pour les décideurs que pour les chercheurs :

- 1) Les recherches passées ont négligé l'importance de certaines combinaisons de mesures dont la synergie permettrait d'accroître leur efficacité globale tout en évitant ou en minimisant les impacts potentiellement régressifs sur les classes défavorisées;

---

<sup>12</sup> À l'exception d'une très importante taxe sur les carburants, mesure particulièrement impopulaire (Hsu et coll. 2009).



- 2) Une meilleure compréhension de la complémentarité et de l'opposition entre les différentes mesures envisageables s'avère nécessaire afin de pouvoir déterminer les caractéristiques de paquets de mesures optimaux;
- 3) Il peut s'avérer pertinent d'élargir la panoplie d'outils envisagés afin d'évaluer si certaines mesures jusqu'ici négligées peuvent s'avérer potentiellement prometteuses en tant qu'éléments susceptibles de permettre de développer des stratégies optimales;
- 4) Finalement, s'il est de plus en plus considéré que des hausses des cours du pétrole pourraient s'avérer fort probables, leur incidence est généralement omise dans les études visant à estimer l'impact de différentes taxes environnementales et d'autres incitatifs économiques appliqués aux transports.

La démarche analytique adoptée dans la présente thèse apporte une contribution significative afin d'améliorer la compréhension des enjeux associés à l'utilisation de plusieurs types d'incitatifs économiques en gestion des transports.

Cette thèse vise ainsi à évaluer comment différentes combinaisons d'écotaxes potentielles pourraient permettre d'améliorer le bien-être social<sup>13</sup>, sous contrainte de leur acceptabilité. Notre problème spécifique de recherche consiste donc à analyser les perspectives offertes par diverses combinaisons d'incitatifs économiques en transport, d'abord dans le but d'atteindre des objectifs environnementaux (principalement sur les émissions de GES, mais également en matière de congestion routière). Ensuite, il repose sur la nécessité de maximiser le bien-être collectif, tout en portant une attention particulière sur le sort des ménages moins favorisés.

## 6. Domaine de recherche et objet de la thèse

Notre recherche touche fondamentalement l'économie publique et l'économie urbaine. Elle consiste en un problème de maximisation du bien-être collectif relativement à la problématique des transports durables. Ce dernier s'inscrit dans la perspective où les villes sont maintenant considérées comme ayant un rôle prédominant à jouer dans la mise en œuvre des politiques environnementales et, de manière plus générale, du développement durable (Charlot-Valdieu et Outrequin, 2011).

---

<sup>13</sup> L'expression *bien-être social* utilisée ici fait strictement référence au concept économique qui tient compte de l'ensemble du bien-être collectif.

Alors que le cap vient d'être franchi pour que la population des villes représente maintenant plus de la moitié de la population mondiale, cette population urbaine serait responsable de 60 à 80 % de la consommation d'énergie et de 75 % des émissions de carbone. *"It is clear that transport will play an intricate role in any quest for global sustainable development,"* ajoutent Himanen et coll. (2004, p. 692). La gestion des transports urbains et la réduction des émissions de GES dans nos villes sont donc clairement au cœur des **études urbaines** (PNUE, 2011).

Ce projet s'inscrit dans le champ de connaissance portant sur l'**économie urbaine appliquée au domaine des transports**. Si la gestion des transports est manifestement un thème central des études urbaines, la réduction des externalités dans ce secteur, dont la congestion et la pollution (incluant les émissions de GES), constitue indéniablement une priorité tant en matière de recherche que d'action politique. Il y a une vaste littérature où les chercheurs aboutissent à recommander l'utilisation d'incitatifs économiques dans une perspective d'internalisation des coûts externes des véhicules. De plus, de nouveaux enjeux environnementaux (la question des changements climatiques) et économiques (la hausse du prix du pétrole) ont contribué à mettre ces questions à l'ordre du jour.

La mise en œuvre de ces recommandations tarde toutefois, se butant à plusieurs obstacles, incluant le manque d'analyses concernant des mesures précises. Ces lacunes s'avèrent encore plus évidentes lorsque l'on doit envisager des combinaisons de plusieurs mesures. L'utilisation d'incitatifs économiques en gestion des transports, incluant les écotaxes, est aussi compliquée par ce qu'on peut appeler le « mur » de l'acceptabilité sociale. Depuis quelques années, un nouveau pan de recherche tend à se développer sur la problématique de l'acceptabilité sociale de la tarification des transports (Steg, 2003; Schade et Schlag, 2003). Il est ainsi déjà reconnu que les craintes associées à l'équité sociale constituent une des principales objections à la mise en œuvre de telles mesures (Mayeres et Proost, 2002).

Le présent projet se veut une contribution aux connaissances relatives aux politiques urbaines et publiques. Il vise à évaluer des combinaisons de mesures permettant d'accroître l'efficacité de ces politiques afin d'atteindre des objectifs ambitieux en matière de réduction des

émissions de GES et de la congestion, d'où l'objectif d'optimisation. Nous considérons également leur impact social, un enjeu important de leur acceptabilité.

## **7. Présentation de la démarche de recherche**

La présente thèse visera donc à analyser les problématiques décrites dans les sections précédentes par une réflexion en quatre volets, chacun permettant de répondre à certaines questions spécifiques.

### **Premier volet (Chapitre II) :**

#### **« Distances parcourues, stocks de véhicules et efficacité énergétique : une perspective internationale »**

Dans un premier temps, une analyse avec données de panel est réalisée (avec 37 pays industrialisés et pour 21 ans). Dans cette première analyse, nous visons à estimer l'incidence de différentes variables sur les trois variables dépendantes suivantes : le stock de véhicules par adulte, le kilométrage parcouru en moyenne par adulte et les niveaux de consommation unitaire de carburant par véhicule (lesquels équivalent aux émissions de gaz à effet de serre pour 100 kilomètres parcourus). Ces trois variables sont considérées comme les trois axes expliquant la consommation de carburant et les émissions de GES qui y sont associées (Shipper et coll. 2000). Cette analyse vise à répondre particulièrement aux questions suivantes :

- ❑ Peut-on mesurer les incidences de certaines écotaxes à l'échelle internationale sur les trois variables que constituent le stock de véhicules, la consommation unitaire de ceux-ci et finalement le kilométrage parcouru par adulte (*SA*, *KA* et *CR*)?
- ❑ L'imposition de frais variables dans les transports s'avérerait-elle une mesure plus efficace que l'imposition de frais fixes?
- ❑ Les mesures visant à réduire le coût des véhicules moins énergivores réussissent-elles à encourager l'amélioration de leur efficacité énergétique et ont-elles un effet pervers sur l'accroissement des stocks de véhicules?

Cette première étude vise donc à établir l'influence de diverses variables sur les distances parcourues, sur les taux de possession de véhicules ainsi que sur l'évolution de leur niveau

d'efficacité énergétique. Elle permet aussi de déceler la présence d'éventuels effets pervers. Par contre, elle ne révèle pas quel effet est susceptible de dominer dans le cas où une mesure semble induire des effets opposés pour au moins deux des trois variables exogènes étudiées. Le volet suivant de notre recherche contribue à répondre à cet enjeu.

### **Deuxième volet (Chapitre III) :**

#### **“Efficiency and Equity of Road GHG Mitigation Measures: an International Perspective”**

Dans un deuxième temps, nous procédons à une autre analyse multivariée à partir de la même banque de données utilisée précédemment, en optant toutefois pour trois nouvelles variables dépendantes : cette fois-ci, nous regardons d'abord l'impact des variables étudiées sur les émissions de GES par personne dans le secteur des transports routiers. Puis nous considérons leurs incidences sur l'utilisation des modes de transport collectifs et actifs et, finalement, sur l'équité sociale en mesurant leur incidence sur l'indice de Gini. Cette analyse vise à répondre à la question principale et aux questions secondaires suivantes :

- ❑ Quel est l'effet net des mesures et des incitatifs sur les émissions de GES dans le secteur des transports routiers?
- ❑ Quelle est l'influence de différents incitatifs et d'autres variables sur le choix d'utiliser un mode de transport autre que l'automobile?
- ❑ Quels sont les impacts de différents choix en matière de fiscalité et de transport sur l'équité sociale (telle que mesurée avec l'indice de *Gini*)?

Cette deuxième étude complète la précédente. Ensemble, elles permettent d'identifier les incidences de plusieurs variables touchant les politiques et les choix de transport, dans une perspective internationale. Toutefois, les résultats ne permettent pas de mesurer de manière précise les impacts environnementaux et socioéconomiques de combinaisons de mesures. Les deux volets suivants de notre recherche contribuent à combler cette lacune.

### **Troisième volet (Chapitre IV) :**

#### **“Urban Transportation Policy Alternatives to Reduce GHGs and Congestion: an Empirical Canadian Study”**

Dans un troisième temps, nous appliquerons à la région métropolitaine de Montréal un modèle développé par Anas et Timilsina (2009) avec les données de la ville brésilienne de São Paulo. Il s'agit d'un modèle logistique trinomial qui vise à expliquer le choix modal parmi trois modes de transport, avec l'impact selon le revenu (pour six tranches de revenus) en fonction des coûts marginaux et du temps requis pour chacun. Cette modélisation permettra de répondre à la question principale et aux questions secondaires suivantes :

- ❑ Est-ce que certaines mesures peuvent appuyer ou, au contraire, s'opposer au développement des transports collectifs ou à celui des incitatifs destinés à réduire les émissions de GES ainsi que la congestion routière?
- ❑ Comment interagissent différentes politiques susceptibles d'être appliquées?

Cette étude permet d'évaluer les incidences environnementales et socioéconomiques de politiques fort diversifiées. Nous commençons d'ailleurs en considérant les mêmes mesures que celles étudiées pour l'étude sur São Paulo. Puis nous envisageons quelques autres avenues. Ainsi, nous tenons compte d'une hausse appréhendée du prix de l'essence. Finalement, nous intégrons au modèle de nouvelles mesures : la mutation des frais fixes en frais variables et l'implantation de programmes d'indemnités de stationnement (*parking cash out*). Ces mesures sont toutefois évaluées séparément.

#### **Quatrième volet (Chapitres V) :**

##### **« Analyse empirique d'incitatifs économiques appliqués aux transports et enjeux d'acceptabilité sociale »**

Le quatrième et dernier volet comporte trois éléments originaux. Premièrement, il vise à évaluer les incidences, en termes d'efficacité et d'équité, de différentes combinaisons de mesures dans la recherche d'une combinaison optimale. En appliquant à la région de Montréal le modèle présenté dans le troisième volet (inspiré d'Anas et Timilsina, 2009), nous y développons plusieurs nouveaux scénarios permettant d'intégrer de façon incrémentale une série de combinaisons de mesures. Deuxièmement, nous résumons les faits marquants issus de deux groupes de discussion auxquels nous avons eu la chance d'assister<sup>14</sup>. Troisièmement,

---

<sup>14</sup> En fait, ceux-ci étaient organisés par le GRAME à l'instigation de Transports Canada. Nous avons ainsi pu contribuer à l'élaboration de leur contenu, tout ayant pu y assister. Un animateur professionnel



nous complétons notre réflexion par une analyse sur les enjeux d'acceptabilité sociale, notamment en lien avec les résultats précédents. Cette dernière vise à répondre aux questions suivantes :

- ❑ Quel serait l'impact social d'un panier d'incitatifs économiques appliqués aux transports pour la région de Montréal et comment se compare-t-il à ceux d'autres politiques publiques?
- ❑ Quelles seraient les caractéristiques optimales, tant sur le plan de l'efficacité que de l'acceptabilité sociale, d'un panier de mesures utilisant des incitatifs économiques visant à réduire substantiellement les émissions québécoises de GES?
- ❑ Dans quelle mesure le fait de considérer une probable hausse du prix du pétrole et d'ajouter dans les scénarios la mutation des frais fixes en frais variables ainsi que l'implantation de programmes d'indemnités de stationnement (*parking cash out*) changerait-il les impacts anticipés en matière d'efficacité (pour l'atteinte d'objectifs de réduction des émissions de GES) et d'équité?
- ❑ Quelles sont les perceptions de quelques acteurs sociaux représentatifs sur les combinaisons de mesures envisagées?

Quoique cette thèse soit présentée comme une thèse traditionnelle, les chapitres II à V sont conçus de manière à pouvoir être facilement adaptés puis diffusés séparément sous forme de rapports de recherche ou d'articles. C'est dans cette optique que les chapitres II et V ont été rédigés en français, alors que les chapitres III et IV sont écrits en anglais. Un résumé de chaque texte est présenté dans les deux langues en début des chapitres II à V. La liste des références est fournie à la fin de chacun de ces quatre chapitres. Une bibliographie complète est également présentée à la fin de la présente thèse.

Le chapitre VI nous permet de conclure. Nous y synthétisons les principaux résultats empiriques de notre recherche, tout comme les fondements théoriques sur lesquels ils reposent. Nous présentons ensuite, en annexe, les principales données utilisées.

Préalablement, nous présentons maintenant une revue générale de la littérature (chapitre I).

---

en a assumé l'animation. Les participants ont tous signé une entente confirmant leur consentement à participer à la consultation à laquelle le GRAME les conviait (nulle part l'UQAM n'était toutefois mentionnée dans les invitations).

## CHAPITRE I

### REVUE GÉNÉRALE DE LA LITTÉRATURE

#### 1.1 Introduction

*"From the Earth Summit (Rio, 1992) to the Johannesburg conference (2002), a large step has been taken towards the implementation of sustainable development. In Europe, especially from the Göteborg Council, a strategy has been launched and the internalisation of external costs is becoming one common sustainable point."*

European Commission, 2003.

Il existe une littérature abondante sur plusieurs des concepts que nous abordons dans la présente thèse, quoique certains aspects aient fait l'objet de moins d'attention de la part des chercheurs. Nous commençons donc par décrire les concepts d'externalités et d'écotaxes (section 1.2), et « Les trois piliers des transports durables » (section 1.3). Nous enchaînons avec une discussion sur l'efficacité énergétique structurelle des villes avec la section intitulée « Efficacité énergétique : les autos versus la ville », (section 1.4). Ceci nous mène dans le vif du sujet, à la section 1.5, « La problématique des transports », où nous démontrons la présence de coûts externes importants associés aux transports tout en discutant de leur implication.

À la section 1.6, nous voyons ensuite ce que la théorie économique propose afin de corriger les imperfections du marché identifiées. Nous discutons par la suite de l'internalisation des coûts externes des transports d'abord dans une perspective générale (section 1.7), puis en considérant ensuite respectivement les incitatifs visant à modifier les choix en termes de mode de transport et de distances parcourues (section 1.8) et ceux susceptibles de modifier les choix concernant l'acquisition des véhicules (section 1.9). Nous enchaînons en présentant différentes approches en écofiscalité – abolition de subventions, mutations de frais existants et ajout d'écotaxes – susceptibles de réduire les externalités négatives associées aux transports (section 1.10), pour ensuite distinguer les taxes dédiées de celles qui s'insèrent dans le cadre d'une réforme écologique de la fiscalité (section 1.11).

Après avoir discuté des enjeux touchant l'efficacité associée à l'utilisation de certains incitatifs économiques considérés, nous abordons ensuite ceux-ci sous l'angle de leur acceptabilité sociale, d'abord en présentant ce concept (section 1.12), puis en considérant comment celui-ci s'applique maintenant à la tarification des transports (section 1.13). Ceci nous amène ensuite à approfondir l'enjeu de l'équité (section 1.14), puis à considérer des stratégies permettant de surmonter les obstacles à l'acceptabilité sociale (section 1.15).

Finalement, nous abordons les approches possibles en termes de modélisations et d'outils d'analyse (section 1.16). La démarche de réflexion présentée au chapitre I constitue un préambule nécessaire à l'élaboration des modélisations qui sont présentées dans les chapitres ultérieurs.

## 1.2 Les concepts d'externalités et d'écotaxes

Il est généralement admis dans la théorie économique que, sous certaines conditions très précises, le libre marché constitue le mode d'allocation des ressources le plus efficace. Plusieurs cas de défaillance du marché sont toutefois connus. Le marché peut s'avérer inefficace pour la gestion des biens non privés (biens publics, communs et de club), en situation de monopole naturel, en présence d'informations imparfaites ou d'effets dits externes. Une externalité (ou effet externe) implique que les choix d'un ou de plusieurs agents économiques induisent des effets sur d'autres agents sans qu'il y ait de compensation financière. Ces effets peuvent s'avérer bénéfiques pour ces derniers (on parle d'externalités positives ou bénéfices externes) ou nuisibles (dans ce cas, ce sont des externalités négatives ou coûts externes) (Montoussé et Waquet, 2009). Pour Varian (1992, p. 432), *“achieving an efficient allocation in the presence of externalities essentially involve making sure that agents face the correct price for their actions”*.

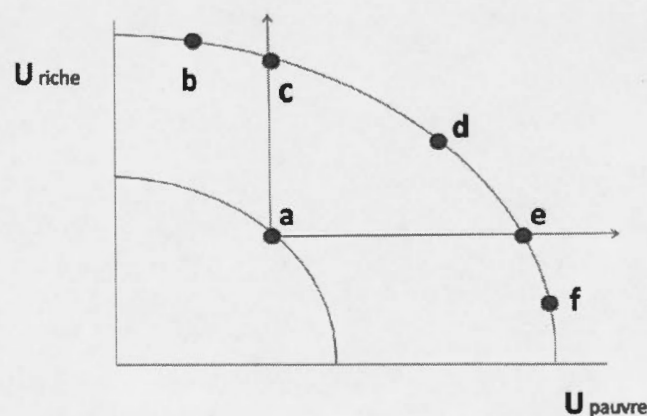
La contribution de l'économiste britannique Arthur Cecil Pigou (1920) à la notion d'externalité est telle qu'une taxe équivalant au dommage social marginal est dite *pigouvienne*. Nous lui en devons aussi l'application au domaine des transports. Il décrit ainsi la congestion routière comme la conséquence d'une mauvaise allocation des ressources qui

résulterait de l'accès gratuit aux routes publiques. Cette situation peut justifier l'adoption de mesures correctrices, un péage en étant l'exemple le plus courant.

À l'exception de travaux de Knight (1924), l'application du concept d'externalités liées au transport a ensuite sombré dans un certain oubli jusqu'aux années soixante. Depuis, un nombre croissant d'économistes a considéré, par exemple, que l'introduction d'un péage permettrait d'accroître le bien-être économique (Vickrey, 1963; Lindsey, 2006).

Selon la théorie économique, il y a un gain pour la société si l'on peut passer à une courbe supérieure d'utilité. Si la situation initiale s'était déjà avérée optimale (au sens de Pareto), il aurait été impossible d'améliorer le bien-être d'un acteur sans réduire celui d'un autre (Rouwendal et Verhoef, 2006). Un tel gain est possible en présence d'externalités par l'imposition d'une taxe *pigouvienne*, pourvu que les coûts de surveillance et d'administration s'avèrent suffisamment bas (Tietenberg, 2007).

Pour les économistes, la nécessité d'une réforme ne fait plus de doute s'il y a un gain pour au moins un individu sans qu'aucun autre n'accuse de perte. Nous pouvons représenter cette problématique par la figure suivante (figure 1.1), adaptée de Mayeres et Proost (2002), laquelle représente le bien-être d'un riche (représenté sur l'axe des y par l'utilité  $U_{\text{riche}}$ ) et celui d'un pauvre ( $U_{\text{pauvre}}$  sur l'axe des x).



**Figure 1.1** Modèle théorique d'accroissement de l'utilité collective.

Une politique qui amènerait leurs utilités respectives du point  $a$  au point  $b$  aurait, dans les faits, accrue le bien-être du riche tout en réduisant celui du pauvre. Si on passe de  $a$  à  $f$ , le résultat est opposé : le pauvre gagne, mais au détriment du riche. Tous les points situés entre  $c$  et  $e$  sur la courbe impliquent une amélioration pour au moins un individu sans perte pour l'autre (au point  $d$ , les deux sont gagnants). Toute réforme politique concerne un changement d'utilité. Celui-ci peut s'avérer parfaitement acceptable si on part, par exemple, d'un point  $a$  à un point  $c$ ,  $d$  ou  $e$ . Son acceptabilité dépend donc du fait que  $U_i(c, d \text{ ou } e) \geq U_i(a)$ .

Un tel critère peut toutefois s'avérer tellement restrictif que la plupart des activités du secteur public, sinon la totalité, risqueraient de ne pas le satisfaire. Un critère moins restrictif, celui de Hicks-Kaldor (ou critère d'optimisation potentielle de Pareto), doit alors être utilisé. Celui-ci considère qu'une augmentation du bien-être général se produit « seulement quand ceux qui sont avantagés par un changement quelconque peuvent en principe dédommager pleinement ceux qui sont désavantagés et enregistrer malgré cela une augmentation de leur bien-être ». Ce critère d'efficacité économique est d'ailleurs un des fondements de l'analyse coûts-bénéfices (Anderson et Settle, 1998). La réduction de la pollution et de la congestion impliquent de choisir des politiques qui s'inscrivent dans cette perspective, induisant potentiellement des gains et des pertes sur différents acteurs de la société.

Cela amène plusieurs concepts associés à ce que l'on appelle l'écofiscalité. Voici comment Sainteny (2010, p. 353) en définit les principaux :

La distinction entre taxe (non liée à un service rendu) et redevance (liée à un service rendu) est usuelle et non spécifique à l'environnement. L'expression « fiscalité liée à l'environnement » désigne tout prélèvement obligatoire qui a un rapport, direct ou indirect, avec l'environnement *via* son assiette. L'expression « écotaxe » désigne plus précisément tout prélèvement assis sur une émission ou matière polluante qui vise principalement un effet positif sur l'environnement *via* une modification des comportements des agents économiques concernés.

Plusieurs écotaxes peuvent s'appliquer dans les transports, avec notamment pour objectif de réduire la congestion ainsi que les émissions polluantes, incluant les émissions de gaz à effet de serre (GES). Avant d'analyser ces écotaxes, nous allons considérer trois champs d'interventions où celles-ci peuvent s'appliquer.



### 1.3 Les trois piliers des transports durables

Le Groupe de travail sur les transports et les changements climatiques (GTT, 2000) avait été mandaté par le gouvernement du Québec pour établir des pistes sur les moyens permettant de réduire les émissions de GES dans ce secteur. Trois champs d'intervention ont été reconnus :

- Accroître les rendements énergétiques des parcs de véhicules;
- Favoriser le transfert modal vers les transports collectifs et les transports actifs;
- Réduire la demande en déplacement (nombre de déplacements motorisés et distances parcourues).

Dans le cadre de notre recherche, nous regrouperons les deux derniers champs d'intervention. Nous tiendrons donc compte des deux aspects suivants : les mesures qui visent à favoriser un changement dans l'utilisation des véhicules et le choix du mode de transport, et celles influençant les consommateurs lors de l'acquisition d'un véhicule. Nonobstant cette division stratégique qui nous semble nécessaire, il faut souligner que certaines mesures peuvent avoir un impact sur les deux tableaux. C'est particulièrement le cas pour la taxe sur l'essence, ce qui est connu, mais cela pourrait l'être également pour d'autres mesures : à Londres, il est ainsi envisagé, pour le péage, d'avoir une tarification préférentielle pour les véhicules électriques. De plus, un projet pilote y a lieu actuellement, dans le même but, au niveau de la tarification des espaces de stationnement (OCDE, 2006b).

Une dernière mise en garde s'avère nécessaire avant d'aborder la problématique des coûts externes associés aux transports. Il s'agit d'être conscients de la distinction entre la consommation de carburant mesurée marginalement au niveau de chaque véhicule et celle qui résulte globalement au niveau de la ville, laquelle découle des choix effectués en tenant compte des rétroactions induites. Nous nous y attardons brièvement.

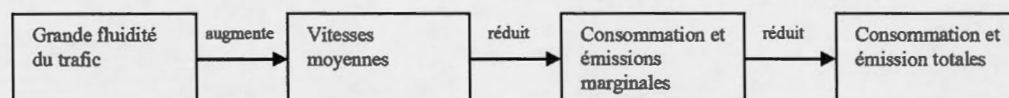
### 1.4 Efficacité énergétique : les autos versus la ville

Depuis les années soixante-dix, on parle de réduire la consommation des véhicules. Parmi les moyens les plus fréquemment proposés, on note la fabrication de véhicules plus efficaces, l'amélioration des habitudes de conduite et l'accroissement de la fluidité du trafic (notamment

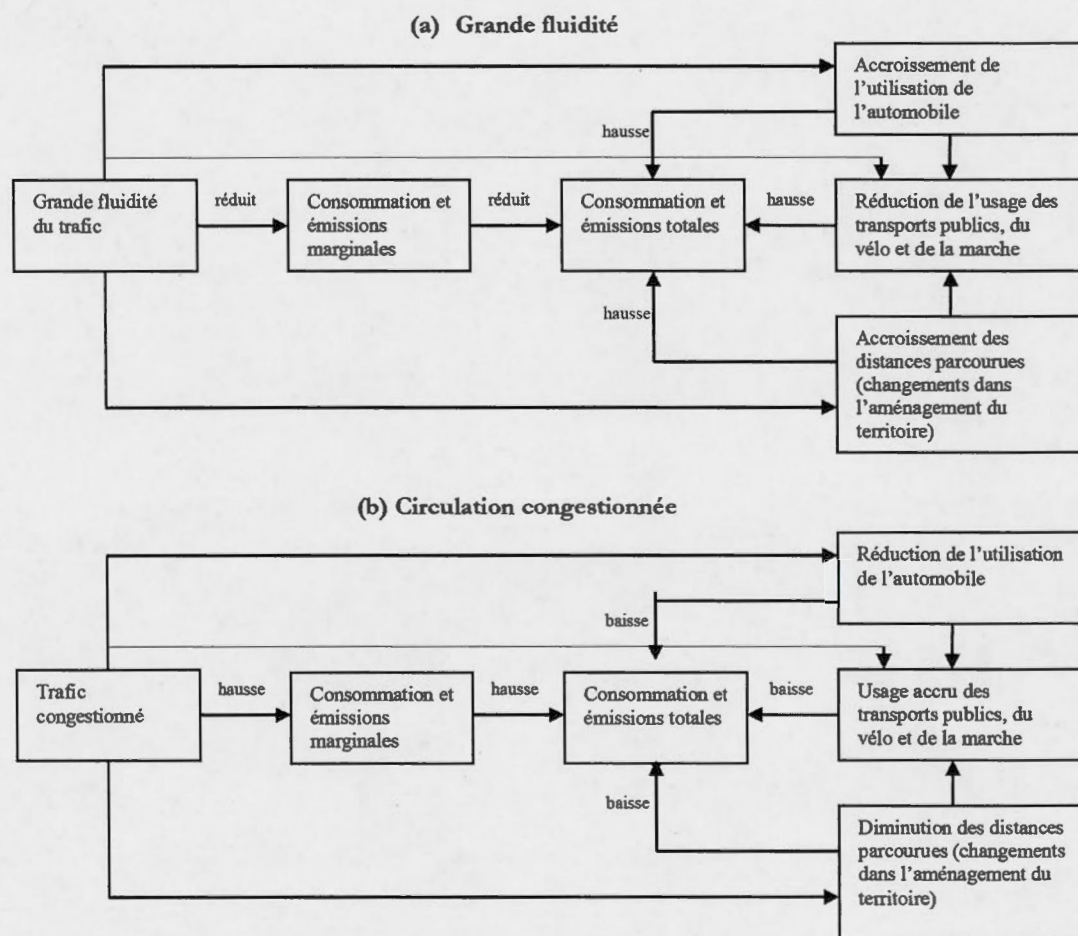
par l'ajout de ponts et d'autoroutes). C'est ce que Newman et Kenworthy (1988, 1989) appellent le modèle linéaire. Dans cet esprit, plusieurs recherches ont visé à évaluer les économies de carburant que permettrait potentiellement la réduction de la congestion. La plupart de ces recherches ont été effectuées à l'aide de véhicules équipés d'instruments de mesure enregistrant la consommation d'essence sous diverses conditions de circulation.

Plusieurs chercheurs ont remis en question la validité de ces études et leur ont reproché de tenter d'évaluer un problème complexe, la consommation énergétique pour le transport urbain, en n'étudiant qu'une de ses composantes, la consommation d'essence d'un véhicule. Newman et Kenworthy (1988, 1989) ont développé des modèles qui incluent des mécanismes de rétroaction : l'amélioration de la fluidité du trafic augmente les taux de possession d'automobiles et les distances parcourues, tout en favorisant le choix de l'automobile comme mode de transport. La figure 1.2 résume les hypothèses de ces deux modèles. Celui dans lequel les auteurs considèrent la présence de rétroactions est présenté sous deux conditions : avec un trafic très fluide et en présence de congestion. Il y a donc une opposition entre l'efficacité énergétique des véhicules et la consommation d'essence par habitant. Si, dans les quartiers centraux congestionnés, l'efficacité marginale des véhicules est faible, les distances parcourues sont plus petites et l'usage des transports publics s'avère beaucoup plus élevé que dans les banlieues (Newman et Kenworthy, 1988, 1989). Les villes où les vitesses de circulation routière sont les plus élevées sont celles où l'on retrouve les plus hauts niveaux de consommation d'essence. On peut également déduire que l'on a avantage à favoriser les transports collectifs en sites propres, donc qui évitent la congestion automobile (train, tramway, métro).

Ces constats sont d'une importance cruciale en matière de politique urbaine : les ajouts de capacité routière et d'espaces de stationnement pour accommoder un nombre toujours plus grand de véhicules nous entraînent dans un cercle vicieux en favorisant des taux de motorisation et d'utilisation de véhicules de plus en plus élevés. Un effet pervers que peut permettre d'éviter la tarification (Newman et Kenworthy, 1989; Shoup, 2005). Il s'agit d'une dynamique qui doit être prise en compte dans toute stratégie visant à réduire la consommation d'essence et les autres impacts associés au transport. Nous allons maintenant voir différents champs d'intervention poursuivant cet objectif.



Modèle 1 : Relations strictement linéaires



Modèle 2 : Relation avec rétroaction

**Figure 1.2** Comment la fluidité du trafic augmente la consommation d'essence.  
(Tirée de Neuman et Kenworthy, 1989.)

## 1.5 La problématique des transports

La popularité croissante des véhicules automobiles s'explique en partie par le fait que les taxes payées par les automobilistes ne défraient pas l'ensemble des coûts qu'ils génèrent (Gaudry et coll., 1996; Zhang et coll., 2004). En fait, sur les 20 catégories de coûts associés au transport identifiés par Litman (1997), 15 sont des coûts externes, c'est-à-dire non assumés par l'utilisateur. Nous présentons au tableau 1.1 quelques estimés des coûts marginaux des externalités associées à l'automobile. La moyenne des six évaluations présenterait qu'il faudrait une taxe de l'ordre de deux dollars le litre d'essence pour internaliser les coûts qui y sont décrits. Bräuninger et coll. (2012) ajoutent que, pour 15 pays européens, les taxes perçues ne permettent de recouvrer que de 14 à 47 % des coûts totaux générés par les transports urbains.

**Tableau 1.1**

### Coûts marginaux des externalités associées à l'automobile

(Cents US 2005/mile)	Harrington-McConnell (États-Unis et Europe)		Sansom et coll. (Royaume-Uni)		Parry et coll. (États-Unis)	
	Faible	Élevé	Faible	Élevé	Faible	Élevé
<b>Reliés aux carburants :</b>						
Changement climatique	0,3	1,2	0,5	2,0	0,3	3,7
Dépendance au pétrole	1,6	2,7	s.o.	s.o.	0,6	2,4
<b>Reliés à la conduite :</b>						
Congestion	4,2	15,8	31,0	35,7	5,0	5,0
Pollution de l'air	1,1	14,8	1,1	5,4	2,0	2,0
Bruit, eau	0,2	9,5	0,1	2,5	s.o.	s.o.
Accidents	1,1	10,5	2,6	4,5	3,0	3,0
<b>Total</b>	<b>6,6</b>	<b>50,6</b>	<b>35,3</b>	<b>50,1</b>	<b>10,9</b>	<b>16,1</b>
<b>% reliés aux carburants :</b>	22	7	1	4	8	38
<b>Taxes requises par litre (\$) :</b>	<b>0,46</b>	<b>3,51</b>	<b>2,45</b>	<b>3,48</b>	<b>0,76</b>	<b>1,12</b>

Sources : Van Dender (2009), Harrington et Mc Connell (2003), Sansom et coll. (2001), Parry et coll. (2007a). Nous avons calculé la taxe requise en convertissant le coût par mile en coût par km, fois 100 (km), divisé par 9 (litres au 100 km), la consommation moyenne.

Plusieurs coûts externes importants auraient même été omis dans ces études. Dans le portrait détaillé des coûts d'utilisation des véhicules que Litman (2002) présente (figure 4,



introduction), le coût externe le plus important qui leur est associé est relié aux espaces de stationnement non résidentiels. Leur gratuité encouragerait une hausse des déplacements et des impacts associés, tout en impliquant la présence de coûts d'opportunité. Cette conclusion rejoint celle de Shoup (2005). La deuxième externalité, en ordre d'importance, concerne les accidents, incluant les coûts associés aux décès, aux blessés ainsi qu'aux dégâts matériels. Puis, suivent respectivement les externalités liées à la congestion, aux coûts environnementaux et celles liées aux carburants.

Les coûts externes associés aux transports routiers s'avèrent donc plus élevés lors des périodes de pointe, tout en étant également plus importants en zone urbaine que pour le trafic interurbain (Maibach et coll., 2008). Les coûts particulièrement élevés à l'heure de pointe s'expliquent par une problématique bien connue : la congestion. Ainsi, l'ajout de véhicules — au-delà d'un certain seuil — entraîne un tel ralentissement que la capacité de la route chute radicalement (Derycke, 1997, 2000; Shoup, 2005).

Certes, plusieurs percées majeures vers des technologies qui permettront de faire des automobiles plus propres sont présentement à différents stades de leur mise en marché, mais les carburants de remplacement présentent de sévères limites lorsqu'on les analyse dans une perspective de cycle de vie (Gagnon, 2008). De plus, les gains environnementaux permis par les nouvelles technologies tendent à être annihilés par la croissance continue de l'utilisation des véhicules (Steg et Gifford, 2005). Il est notamment connu que l'amélioration de l'efficacité énergétique induit une baisse des coûts d'utilisation, entraînant une hausse du kilométrage parcouru, ce que l'on appelle l'effet rebond (Steg et Gifford, 2005; Small et Van Dender, 2007 b)<sup>15</sup>. Ainsi, une réduction de l'utilisation de l'automobile s'avère nécessaire afin de tendre vers un système de transport vraiment durable, ne serait-ce que pour réduire les niveaux de congestion (Prades et coll., 1998; Gärling et Schuitema, 2007) et les coûts associés à l'étalement urbain (Gagnon, 1991; Lefebvre et coll., 1995; Frumkin et coll., 2004). Dans tous les cas, l'utilisation d'incitatifs économiques devrait être un incontournable<sup>16</sup>.

---

<sup>15</sup> Un effet rebond de 20 % signifie qu'une amélioration de 10 % de l'efficacité énergétique entraînera une hausse de l'utilisation des véhicules de 2 %, *ceteris paribus*.

<sup>16</sup> Si le marché s'est fortement tourné vers les petits véhicules économiques et que les ventes de véhicules hybrides ont explosé lorsque le prix du pétrole a atteint un sommet en 2007-2008, les gros



Réduire la dépendance envers l'automobile ainsi que la consommation de pétrole implique de travailler sur plusieurs fronts : d'abord, aménager le territoire afin de réduire les besoins en déplacements, ensuite améliorer l'efficacité des véhicules, puis enfin favoriser le transfert modal (Newman et Kenworthy, 1988, 1989; Newman, 2006; Kenworthy, 2006). À cet égard, notons l'importance maintenant reconnue de la demande induite par le choix des infrastructures de transport (Cervero, 2002, 2003) ainsi que l'influence de la mixité fonctionnelle sur le kilométrage parcouru (Cervero et Duncan, 2006). En fait, le défi consiste à découpler la croissance économique et le volume du trafic routier, en réussissant à jumeler une hausse de la première avec une réduction du deuxième, alors qu'historiquement les deux ont eu tendance à croître simultanément (Tapio, 2005). Cela doit aussi être réussi tout en s'assurant que les changements à la mobilité n'affectent pas les perspectives d'emploi des moins favorisés (Cervero et coll., 2002).

Enfin, il ne faut pas négliger l'importance du facteur humain. Ainsi, Weinberger et Goetzke (2011) ont démontré que l'expérience passée des ménages pouvait affecter leur propension à acquérir un véhicule. En comparant les familles aménageant dans une nouvelle localité, ils ont observé que celles issues de villes bien desservies en transports collectifs avaient plus tendance à continuer à prendre ceux-ci que les ménages venant de banlieues fortement dépendantes de l'automobile. Dans la même perspective, Kahn (2007) démontre que les citoyens qui se considèrent comme *environnementalistes* ont une propension à effectivement utiliser davantage les transports publics ou à acquérir des véhicules hybrides que les *non-environmentalistes*.

De plus, les automobilistes tendraient à sous-évaluer les coûts associés à la possession de leur véhicule, alors que les coûts d'utilisation des transports collectifs seraient davantage perçus à leur juste valeur, voire sur-estimés. Les travaux de La Branche (2011, pp. 17-18) tendent à confirmer l'existence de ce biais :

---

VUS (dont le marché s'était littéralement effondré) ont recommencé à devenir populaires dès que les prix du pétrole ont replongé.

[...] alors que les usagers ont une idée assez précise du temps d'un trajet et du coût des TC, l'estimation du coût de la voiture (à l'exception du plein et du prix de stationnement) demeure très floue. Alors que beaucoup n'ont jamais fait le calcul réel, leur évaluation des avantages et des inconvénients des modes de transports inclut presque toujours une comparaison des prix entre voiture et TC! La connaissance du coût d'un trajet par TC est très juste, alors que l'évaluation des coûts de la voiture relève parfois presque de la fiction (les remboursements mensuels sur le prêt à la banque et l'assurance sont souvent omis de l'évaluation, ce qui a pour effet de sous-évaluer les coûts de la voiture et donc de diminuer la perception des inconvénients qui lui sont liés). Nous sommes ici assez éloignés de l'acteur rationnel cher aux économistes.

Finalement, l'importance des coûts assumés par les familles varie en fonction de leurs besoins ainsi que de la disponibilité d'alternatives susceptibles de répondre à ceux-ci à moindres coûts. Dans le cas des États-Unis, Karlenzig (2010) démontre que ces coûts se sont accrus sensiblement entre 2000 et 2008, particulièrement dans les banlieues éloignées des villes centrales et fortement dépendantes face à l'automobile.

## **1.6 La correction des imperfections du marché selon la théorie économique**

La réglementation et la fiscalité peuvent en fait toutes les deux contribuer à corriger les imperfections du marché, mais seule la fiscalité permet de dégager un bénéfice net pour la société (Proost et Van Dender, 2001). Ce bénéfice n'est toutefois pas assuré et dépend des mesures implantées (Proost et Van Dender, 2001) ainsi que de la façon dont seront utilisées les recettes fiscales des écotaxes (Hoerner et Bosquet, 2001; Parry et Bento, 2001). Si l'écofiscalité se démarque, c'est avant tout par son efficience, c'est-à-dire du fait que celle-ci permet des réductions d'émissions à un coût bien moindre pour la société que la seule utilisation de normes traditionnelles (Jones et Hervik, 1992; OCDE, 2001, 2006a et b; TRNÉE, 2002; Glachant, 2004). Hourcade et Gherzi (2007) décrivent clairement cet avantage largement reconnu :

Au total, malgré leur apparente gratuité, les normes sont coûteuses, voire inéquitables, tandis qu'une taxe, au risque d'une impopularité, donne les moyens de minimiser le coût social de la protection du climat. Il ne s'agit pas d'opposer ici normes et taxes; des normes sont souvent des outils incitatifs nécessaires. Le point important est qu'elles ne sont pas gratuites et que les adosser à des taxes permet d'en renforcer l'efficacité et d'en réduire le coût social.

Les écotaxes (tout comme les permis d'émission négociables) s'avèrent ainsi souvent préférables aux normes d'émission, sauf lorsqu'il y a une forte pente du dommage marginal, ce que l'on appelle un effet de seuil (par exemple pour une substance toxique considérée comme fortement cancérigène au-delà de certains seuils de concentration). Dans les tableaux 1.2 et 1.3, Glachant (2004) compare les normes avec divers instruments économiques, écotaxes et permis d'émission négociables (PEN). Ces derniers sont toutefois plus difficilement applicables à une multitude de petites sources mobiles, à cause des coûts de transaction disproportionnés qu'ils impliquent. Les écotaxes sont toutefois considérées comme moins acceptables que les normes par les pollueurs (Glachant, 2004). Ce constat semble confirmé par les travaux sur l'acceptabilité sociale de la tarification des transports, comme nous le verrons plus loin.

**Tableau 1.2**

Une synthèse de la performance de divers instruments applicables

	Normes d'émission	Taxe sur les émissions	PEN (gratuits)	PEN (vendus aux enchères)
Minimisation du coût	-	+ *	+ *	+ *
Certitude du résultat environnemental	+	-	+	+
Signal efficace de long terme	-	+	-	+
Incitations à l'innovation	--	+	-	+
Acceptabilité par les pollueurs	+	-	++	-

*\* Résultats non valables avec différenciation spatiale des dommages*

Source: Glachant, 2004, p. 58.

**Tableau 1.3**

Efficacité économique des instruments dans différents contextes

	Normes d'émission	Taxe sur les émissions	PEN (gratuits)	PEN (vendus aux enchères)
Forte asymétrie informationnelle régulateur-réglementé sur les coûts de dépollution	-	+	+	+
Forte hétérogénéité des coûts privés de dépollution	-	+	+	+
Anticipations de fortes marges de progression par l'innovation technologique	--	++	-	++
Forte pente du coût marginal de dépollution	--	+	-	-
Forte pente du dommage marginal : effet de seuil	+	-	+	+

Source: Glachant, 2004, p. 59.

Selon Derycke (2000), pour une minorité d'économistes, la meilleure réponse à l'encombrement des routes se résumerait à une attitude passive de laisser-faire, en considérant que les automobilistes vont renoncer d'eux-mêmes à la voiture lorsque la congestion deviendra intolérable. Pour la majorité des économistes, l'adoption de taxes internalisant les coûts sociaux s'avère nécessaire, notamment pour atteindre les objectifs environnementaux. Celle-ci serait d'ailleurs essentielle pour réussir à découpler les impacts environnementaux des transports de la croissance économique (OCDE, 2006 b; Himanen et coll., 2004). Par ailleurs, Knopflacher (2006) va jusqu'à parler de l'échec des politiques traditionnelles.

### 1.7 Internalisation des coûts externes des transports

De nombreuses organisations nationales et internationales (TRNEE, 2002; European Commission, 2003, 2011; OCDE, 2006a,b) soutiennent maintenant que l'atteinte d'objectifs ambitieux de réduction des externalités des transports (pollution, accidents et congestion), incluant les émissions de GES, ne sera réalisable sans internalisation des coûts externes des

automobiles<sup>17</sup>. Nombre d'économistes (voir la revue de Hsu et coll., 2009) ajoutent que les taxes sur la pollution représentent le moyen le plus efficient, relativement aux coûts, pour réduire les émissions. Adopter une taxe dite *pigouvienne* pourrait s'avérer complexe, étant donné qu'évaluer la valeur des externalités implique une certaine incertitude. Cela n'empêche toutefois pas de contribuer à corriger le marché (Fujiwara et coll., 2006). L'absence d'un processus d'internalisation des coûts externes « équivaut à retenir en fait la plus fausse de toutes les évaluations possibles : le prix zéro » (Pillet, 1992).

Les taxes sur les carburants constituent aujourd'hui les incitatifs qui contribuent le plus à internaliser les coûts sociaux associés aux transports (Stern, 2007). Si celles-ci étaient calibrées afin de strictement internaliser les coûts externes associés à l'usage des carburants, seules les taxes de la Grande-Bretagne s'avéreraient suffisamment élevées pour couvrir cet objectif (Parry et Small, 2005, OCDE, 2006b)<sup>18</sup>. Van Dender (2009) souligne toutefois que la valeur des coûts externes associés à la consommation de carburant s'avère significativement moins importante que celle reliée à l'utilisation des véhicules (voir le tableau 1.1). Il considère aussi que l'amélioration des politiques de transports s'avère justifiée si elle permet de réduire la congestion et les externalités liées à la pollution locale, même si les gains s'avéraient plus faibles en matière de politiques énergétiques et climatiques.

Les coûts associés à la congestion peuvent varier selon la région et le type d'infrastructure routière considérés. Le tableau 1.4 présente ainsi les taxes de congestion recommandées selon le type de route (en €2008 par véhicule-kilomètre).

---

<sup>17</sup> Il est vraisemblable que les pays industrialisés devront poursuivre les réductions de leurs émissions de GES au-delà des objectifs du protocole de Kyoto. En effet, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) recommande maintenant des réductions des émissions de GES de 25 à 40 % sous les niveaux de 1990 d'ici 2020, pour limiter le réchauffement de la planète à au maximum deux degrés Celsius (GIEC, 2007).

<sup>18</sup> En fait, les niveaux de taxes au Canada s'avèrent d'ailleurs parmi les plus faibles des pays de l'OCDE, exception faite notamment de nos voisins américains (OCDE, 2006a).



Tableau 1.4

Taxes de congestion recommandées selon le type de route (€2008 par VKM)

Région et type d'infrastructure routière	Véhicules passagers			Véhicules marchandises			HDV
	Min.	Centr.	Max	Min.	Centr.	Max.	PCU
Larges régions urbaines (> 2 000 000)							
Autoroutes urbaines	0,33	0,56	1,00	1,17	1,94	3,50	3,89
Routes collectrices	0,22	0,56	1,33	0,56	1,39	3,33	2,78
Rues locales centrales	1,67	2,22	3,33	3,33	4,44	6,67	2,22
Rues locales cordon	0,56	0,83	1,11	1,11	1,67	2,22	2,22
Régions urbaines petites et moyennes (< 2 000 000)							
Autoroutes urbaines	0,11	0,28	0,44	0,39	0,98	1,56	3,89
Routes collectrices	0,06	0,33	0,56	0,14	0,83	1,39	2,78
Rues locales centrales	0,11	0,33	0,56	0,22	0,67	1,11	2,22
Régions rurales							
Autoroutes	0,11	0,28	0,44	0,39	0,98	1,56	3,89
Rue pour camionnage	0,06	0,33	0,56	0,14	0,83	1,39	2,78

Source: CE Delft, Infrac, Fraunhofer ISI (2008), p. 108.

Plusieurs incitatifs économiques sont susceptibles de contribuer à réduire les différents coûts externes associés aux transports. Les deux prochaines sections en présentent quelques-uns.

### 1.8 Incitatifs visant à modifier les choix de mode de transport

La littérature permet d'identifier principalement quatre écotaxes appliquées directement aux transports et susceptibles de modifier les choix de transport des consommateurs : 1) les péages routiers et urbains; 2) la tarification des espaces de stationnement; 3) les taxes sur les carburants et 4) la taxe kilométrique.

### 1.8.1 Les péages routiers et urbains

Si les récentes préoccupations environnementales semblent soulever un nouvel intérêt en faveur des péages routiers (*road pricing*), l'implantation de ceux-ci peut en fait répondre à trois types d'objectifs (Jones et Hervik, 1992) :

1. *Pour financer les infrastructures de transport* : les systèmes de péages urbains norvégiens (villes de Bergen, Oslo et Trondheim) ont été implantés dans cette optique. Dans cette approche, on cherche généralement à répartir les frais sur le plus grand nombre d'usagers, afin de rendre la mesure politiquement plus acceptable. Les systèmes implantés aux États-Unis, en France et en Ontario ainsi que l'ancien système québécois correspondent à cet objectif.
2. *Dans le but de réduire la congestion* : la *Congestion Charge* implantée en 2003 à Londres tout comme l'*Electronic Road Pricing* de Singapour qui a succédé en 1998 à l'*Area Licence Scheme* (qui a fait office de pionnier en 1975) entrent résolument dans cette catégorie. Les frais varient significativement dans le temps, afin de refléter les niveaux de congestion, avec un taux élevé à l'heure de pointe et nul quand il y a peu de trafic.
3. *Pour atteindre des objectifs environnementaux* : la réduction de la consommation d'énergie et des émissions polluantes entre dans cette catégorie. C'est d'ailleurs le but principal des péages de Stockholm et de Milan. Les frais peuvent alors couvrir une plus grande période de temps.

Dans les faits, les péages routiers sont de plus en plus envisagés afin de répondre simultanément à ces trois objectifs et il s'agit d'ailleurs d'un de leurs grands avantages. Ils offrent en effet une souplesse permettant même de moduler les frais demandés selon le type de véhicule, selon le jour et l'heure du passage ou encore en fonction des conditions de circulation. Les progrès technologiques des dernières années n'ont pu d'ailleurs que contribuer à accentuer ces avantages (Rouwendaal et Verhoef, 2006; Derycke, 1997 et 2000). En pratique, on peut également distinguer les péages routiers (comme l'autoroute 407 à Toronto) et les péages urbains (avec un cordon encerclant une zone délimitée, comme à Londres).

Il demeure toutefois difficile de vendre politiquement ces mesures. Il faut rappeler que le démantèlement des postes de péage routier au Québec était un cadeau électoral du Parti québécois, peu avant l'élection de 1985. Avec leur mode de perception manuelle, ceux-ci contribuaient à créer des bouchons de circulation qui n'ont pas aidé à leur popularité. La

crainte d'atteinte à la vie privée et le sentiment de payer une nouvelle taxe furent deux arguments soulevés à Hong Kong par les opposants à l'élargissement d'un projet-pilote (Hau, 1990).

Par contre, les nouvelles technologies ont contribué en partie à surmonter ces difficultés. En effet, la technologie moderne permet aujourd'hui d'utiliser des cartes magnétiques qui enregistrent directement chaque passage sans que l'automobiliste ait à s'arrêter. Il peut s'agir de cartes de débit qui déduisent un montant à chaque passage ou qui permettent de facturer les conducteurs (le premier système permettant de préserver l'anonymat). Ainsi, plusieurs études ont été réalisées sur les péages existants (Blow et coll., 2003; Santos et Rojey, 2006; Quddus et coll., 2007; Seabright, 2007) ou envisagés (Ahlstrand, 2001; Armelius et Hultkrantz, 2006). Si la majorité de ces études conclut que les bénéfices des péages dépassent leurs coûts, quelques auteurs, toutefois, ne partagent pas cette conclusion (Cox, 2005; Prud'homme et Kopp, 2006).

### 1.8.2 La tarification des espaces de stationnement

La disponibilité et le prix des espaces de stationnement dans les villes influencent aussi l'utilisation de l'automobile. Il est possible de réduire l'offre de stationnement si l'on en réduit le nombre. On peut également diminuer les quantités demandées en augmentant les tarifs (Shoup, 2005; Knopflacher 2006). Prades et coll. (1998, p. 126) illustrent le potentiel de cette mesure :

L'élasticité<sup>19</sup> des prix de stationnement par rapport au kilométrage effectué est estimée à -0,15 dans la grande région de Toronto et à -1,0 dans le centre-ville de Toronto; c'est-à-dire qu'une augmentation de 10 % du prix du stationnement engendre une baisse de 1,5 % du kilométrage effectué dans la grande région de Toronto et de 10 % dans le centre-ville. Les impacts pour la grande région de Toronto sont une baisse de 0,51 % des émissions de CO<sub>2</sub> et de 2,55 % pour une augmentation de 50 % du prix de stationnement.

Les espaces de stationnement fournis gratuitement par les employeurs constituent, à cet égard, un problème important (Shoup, 1997; Ison et Wall, 2002; Litman, 2006). Shoup

---

<sup>19</sup> L'élasticité par rapport au prix d'un bien X indique dans quelle mesure une variation de 1 % du prix de celui-ci entraînera une variation en % de la quantité demandée pour ce même bien.

(1997) compile les résultats obtenus par huit entreprises californiennes ayant remplacé le stationnement fourni gratuitement par une mesure appelée *parking « cash out »* (indemnités de stationnement). Les espaces de stationnement deviennent payants. Par contre, l'entreprise octroie à chacun de ses employés une allocation forfaitaire que ce dernier est libre d'utiliser à sa guise, que ce soit pour défrayer le coût du stationnement, pour payer son titre de transports en commun ou pour le conserver en tant que revenu additionnel. Les résultats sont probants : sur les 1 694 employés des huit entreprises étudiées, le nombre de conducteurs solos a chuté de 17 %, tandis que les adeptes du covoiturage et des transports collectifs augmentaient respectivement de 64 % et de 50 %. La part des transports actifs a grimpé de 39 %, tandis que le kilométrage total effectué pour se rendre au travail a baissé de 12 %. La subvention moyenne des entreprises pour défrayer les déplacements de chacun de leurs employés s'est accrue de deux dollars par travailleur, sur des bases mensuelles, du fait que la tarification des stationnements n'avait pas compensé entièrement le déclin de leur utilisation. Quant à l'État, il a bénéficié de revenus additionnels de 65 \$ par employés, plusieurs ayant choisi d'opter pour un revenu taxable additionnel. Le ratio bénéfices-coûts de cette mesure serait de l'ordre de 4 pour 1.

Les lois fédérales et québécoises actuelles prévoient qu'une entreprise qui fournit un espace de stationnement gratuitement à ses employés devrait théoriquement déclarer la valeur de celui-ci comme un revenu imposable, ce qui constituerait déjà un effet incitatif<sup>20</sup>. En pratique, cet aspect de la loi semble peu appliqué actuellement, alors que les entreprises intègrent les frais associés aux espaces de stationnement dans leurs frais généraux, tandis que les gouvernements, tant provincial que fédéral, ne possèdent aucune banque de données sur les espaces de stationnement fournis par les employeurs. Le seul fait de prétendre ne pas connaître la juste valeur marchande de ces espaces de stationnement sert, dans bien des cas, de justification aux entreprises pour ne pas appliquer la loi<sup>21</sup>.

---

<sup>20</sup> Section 8.25 *Stationnement fourni ou remboursé par l'employeur* du guide des Avantages imposables 2011 de Revenu Québec : <http://www.revenuquebec.ca/fr/sepf/publications/in/in-253.aspx> et chapitre 3 du *Guide de l'employeur – Avantages et allocations imposables* de l'Agence du revenu du Canada : <http://www.cra-arc.gc.ca/F/pub/tg/t4130/>

<sup>21</sup> M. André Bourbeau, Transport Canada, Comm. pers. (6 novembre 2008).

### 1.8.3 Les taxes sur les carburants

Les taxes sur les carburants représentent un puissant incitatif pour encourager la réduction de la consommation (Neuman et Kenworthy, 1989; Sterner, 2007). Plus elles sont élevées, plus la consommation d'essence par habitant est petite, que ce soit par l'achat de véhicules à plus faibles consommations (West, 2008), ou par la réduction des distances parcourues, notamment en encourageant les ménages à acquérir des résidences plus proches des villes centrales (Tanguay et Gingras, 2012). Le coût des carburants aurait un impact sur l'utilisation des transports collectifs selon Small (2004) ainsi que Chen *et al.* (2010), alors que Maghelal (2011) n'a pas décelé d'incidence entre ces deux variables.

### 1.8.4 La taxe kilométrique

La taxe kilométrique est peu abordée par la littérature. Celle-ci est en vigueur dans quelques pays, dont en Allemagne et en Suisse. Elle n'y est toutefois appliquée que pour le transport de marchandises. Les camions sont dotés d'un compteur qui permet de relever le kilométrage parcouru annuellement et de lui appliquer la taxe correspondante (OCDE, 2006b)<sup>22</sup>. Certaines formes de tarifications routières s'y apparentent toutefois, par exemple les frais liés à l'utilisation des autoroutes, lesquels sont largement appliqués au Japon.

Une variante de celle-ci commence toutefois à faire l'objet d'un intérêt croissant : la mutation des frais d'assurance d'un montant forfaitaire à des frais selon le kilométrage parcouru. Cette formule est fréquemment appelée *pay-as-you-drive (PAYD)*, ou assurance au kilométrage. Ce concept n'est pas nouveau. Il avait été proposé dès la fin des années 1960 par le prix Nobel d'économie William Vickrey, qui y voyait une façon de rendre les assurances plus justes et efficaces (Vickrey, 1968). L'idée a été ensuite relancée dans un souci d'équité, puis comme élément d'une stratégie de conservation de l'énergie (Wenzel, 1995, Litman, 1997; Parry, 2005). Todd Litman, du *Victoria Transport Policy Institute*, en est probablement le plus ardent défenseur au Canada (Litman, 1997, 2002, 2006, 2008 et 2009). Litman (2008) estime que la mutation des frais d'assurances et d'immatriculation en frais kilométriques, appliquée

---

<sup>22</sup> L'Oregon a réalisé un projet-pilote sur cette mesure pour les véhicules de passagers. Le gouvernement des Pays-Bas s'était engagé en 2009 à l'imposer à tous les véhicules, mais a finalement reculé.



intégralement aux automobilistes de la Colombie-Britannique, entraînerait une baisse d'environ 10 % à 15 % du kilométrage parcouru. La baisse des émissions serait d'au moins 10 %, tandis que les accidents diminueraient de 12 à 15 %<sup>23</sup>.

### 1.9 Incitatifs modifiant les choix concernant l'acquisition des véhicules

Un problème soulevé découle du fait que les consommateurs ne tiennent compte, lors de l'acquisition de leur véhicule, que des bénéfices associés aux économies d'essence anticipées pour les trois premières années d'utilisation. Cela équivaut à sous-évaluer la véritable valeur des économies d'énergie d'environ 60 % dans le processus de décision du consommateur (Greene et coll., 2005).

Nous retenons trois types d'écotaxes susceptibles d'influer particulièrement sur la décision d'achat d'un consommateur en matière de véhicule : 1) la mise en œuvre d'un système de *bonus malus* (ou l'un ou l'autre) à l'achat (ou à la première immatriculation) et une variante; 2) une modulation des frais d'immatriculation des véhicules selon leur rendement énergétique et finalement 3) les taxes sur les carburants.

#### 1.9.1 *Bonus malus* à l'achat

Pour Greene et coll. (2005), des taxes plus élevées imposées sur les véhicules plus énergivores, à l'achat et à l'immatriculation, ainsi que l'octroi de subventions pour les véhicules particulièrement écoénergétiques permettraient d'améliorer l'efficacité énergétique du parc de véhicules. Ce système dit de redevances-remises est plus connu sous le vocable anglais de *feebate*, une contraction de *fees and rebates*<sup>24</sup>. L'expression *bonus malus* tend

---

<sup>23</sup> Au Québec, l'Industrielle Alliance a lancé au début de 2012 un programme d'assurances baptisé Mobiliz qui lui permet de facturer les clients participants selon leur kilométrage parcouru. Les habitudes de conduite du conducteur sont également prises en compte (Templier, S. (2012), « L'assurance-auto télématique arrive », *La Presse Auto*, lundi 16 avril, p. 5).

<sup>24</sup> La version sans subvention est appelée *gas-guzzler tax*.

toutefois à s'imposer en français, inspirée par la mise en vigueur en France, depuis janvier 2008, suivi par la Belgique, d'un système du même nom<sup>25</sup>.

De nombreuses juridictions nord-américaines ont tenté, sans succès, d'implanter des systèmes de redevances-remises à l'achat des véhicules. Il y a toutefois une exception, chez nos voisins ontariens (Davis et coll., 1995 ; Greene et coll., 2005; Langer, 2005). En Ontario, le gouvernement impose depuis 1991 une surtaxe de vente graduée selon la consommation des véhicules. Ainsi, l'acheteur d'une grosse voiture consommant 12 litres aux 100 kilomètres devait payer, en 1992, une taxe supplémentaire de 2 400 \$. Ce système est jumelé à des subventions qui sont accordées aux acheteurs de véhicules particulièrement efficaces. L'acheteur d'un véhicule consommant moins de 5 litres aux 100 kilomètres recevait ainsi une subvention de 100 \$. Bien que cette mesure soit considérée unique en Amérique, la taxe d'encouragement à l'économie du carburant (*Tax for Fuel Conservation*) ontarienne n'est pas configurée pour inciter chaque consommateur à opter pour un véhicule plus efficace, ce qui restreint son efficacité. En effet, 90 % des véhicules neufs se situent dans la catégorie des surtaxes de 75 \$ correspondant à une consommation de 6 à 8,9 litres aux 100 kilomètres. « Le système ontarien constitue donc principalement une source de revenus pour le gouvernement, sans effet incitatif marqué sur le comportement d'achat » (Prades et coll., 1998, p. 121).

Au Canada, le budget Flaherty du 19 mars 2007 a marqué la mise en place d'un premier système de redevances-remises visant à encourager les citoyens à acquérir des véhicules plus efficaces. Là encore, on constate une absence d'incitatifs touchant une large portion des véhicules alors que pour les autres catégories, l'utilisation de larges paliers réduit l'effet incitatif comparativement à une relation linéaire entre le prix et l'efficacité (voir le tableau 1.5). Le programme de remise (appelé écoAUTO) n'a toutefois été en vigueur que durant deux ans<sup>26</sup>. Seul demeure le volet malus. Considérant les seuils où la pénalité s'applique, la plupart des véhicules mis sur le marché en sont toutefois exclus.

---

<sup>25</sup> Le bonus malus français est un succès pour ce qui est de transformer le marché en favorisant la vente de véhicules plus efficaces, mais en contribuant à réduire le coût d'acquisition des petits véhicules, il a eu comme effet pervers de contribuer à accroître les taux de possession de véhicules.

<sup>26</sup> <http://www.tc.gc.ca/fra/programmes/environnement-ecotransports-ecoauto-639.htm>.

**Tableau 1.5**

Système canadien de redevances-remises sur les véhicules (2007)

Consommation* (L/100 km)	REMISE		PÉNALITÉ
	Voitures	Minifourgonnettes, VUS et camionnettes	Véhicules de tourisme (sauf les camions)
5,5 ou moins	2000\$	2000\$	
5,6 à 6,0	1500\$	2000\$	
6,1 à 6,5	1000\$	2000\$	
6,6 à 7,3		2000\$	
7,4 à 7,8		1500\$	
7,9 à 8,3		1000\$	
8,4 à 12,9			
13,0 à 13,9			1000\$
14,0 à 14,9			2000\$
15,0 à 15,9			3000\$
16,0 ou plus			4000\$

\* Les cotes de consommation sont fondées sur une proportion de 55 % de conduite en milieu urbain et de 45 % sur route.

Source : Ministère des Finances, cité par Toupin, 2007<sup>27</sup>.

La mise en place du système français de bonus malus en 2008 a toutefois démontré qu'un tel système pouvait avoir un effet significatif. Celui-ci a effectivement entraîné une véritable transformation du marché (tableau 1.6). Ce résultat a été obtenu grâce à des incitatifs affectant une grande partie des consommateurs, que ce soit au niveau des subventions accordées (tableau 1.7) ou des taxes imposées (tableau 1.8)<sup>28</sup>. D'un côté, la part de marché des gros véhicules, sujets au malus, s'est littéralement effondrée passant de 24,2 % à 8,9 %. D'un autre côté, celle des véhicules économes en carburant et à faibles émissions de CO<sub>2</sub> bénéficiant du bonus s'est accrue fortement. Elle est passée de 30,4 % des nouvelles immatriculations en 2007, à 44,7 % en 2008, puis à 55,5 % en 2009 (tableau 1.6).

<sup>27</sup> Toupin, Gilles (2007) « Environnement 4,5 milliards sur sept ans », *La Presse*, Montréal, 20 mars, p. A7.

<sup>28</sup> Par exemple, mentionnons qu'en 2012 l'achat d'un véhicule émettant entre 60 et 90 grammes de CO<sub>2</sub> par km était appuyé par une subvention de 1000 euros alors que l'acquéreur d'un véhicule émettant plus de 240 grammes de CO<sub>2</sub> par km était assujetti à une taxe de 2600 euros.

**Tableau 1.6**

Parts de marché des immatriculations neuves françaises, par tranches d'émissions de CO<sub>2</sub>  
(en %)

	CO <sub>2</sub> , g/km	2006	2007	2008	2009
<b>Bonus</b>	< 60	0,0	0,0	0,0	0,0
	De 61 à 100	0,0	0,0	0,1	0,5
	De 101 à 120	18,5	20,0	35,2	47,2
	De 121 à 130	12,5	10,4	9,5	7,9
	Sous-total	31,0	30,4	44,7	55,5
-	De 131 à 160	43,4	45,3	41,3	35,6
<b>Malus</b>	De 161 à 165	4,1	3,2	2,0	1,1
	De 166 à 200	14,4	14,8	9,0	6,0
	De 201 à 250	5,6	4,6	2,3	1,5
	> 250	1,5	1,6	0,7	0,3
	Sous-total	25,6	24,2	14,0	8,9
	Total	100,0	100,0	100,0	100,0

Source : Teissier et Meunier, 2010.

**Tableau 1.7**

Évolution du bonus selon les taux d'émission des véhicules

Taux d'émission de CO <sub>2</sub> (g/km)	Seuils des bonus par année de facturation (en euros)				
	2008	2009	2010	2011	2012
Taux ≤ 60	5000	5000	5000	5000	5000
60 < Taux ≤ 90					1000
90 < Taux ≤ 95	1000	1000	1000	1000	
95 < Taux ≤ 100					
100 < Taux ≤ 105					700
105 < Taux ≤ 110			700	700	
110 < Taux ≤ 115	700	700			
115 < Taux ≤ 120					200
120 < Taux ≤ 125	200	200	200	200	
125 < Taux ≤ 130					

Source : Mariton, 2009.



**Tableau 1.8**  
Évolution du malus selon les taux d'émission des véhicules

Taux d'émission de CO2 (g/km)	Seuils des malus par année de facturation (en euros)				
	2008	2009	2010	2011	2012
Taux $\leq 150$					
151 < Taux $\leq 155$					200
156 < Taux $\leq 160$			200	200	750
161 < Taux $\leq 165$	200	200	750	750	750
166 < Taux $\leq 190$	750	750	750	750	750
191 < Taux $\leq 195$	750	750	750	750	1600
196 < Taux $\leq 200$	750	750	1600	1600	1600
201 < Taux $\leq 240$	1600	1600	1600	1600	1600
241 < Taux $\leq 245$	1600	1600	1600	1600	2600
246 < Taux $\leq 250$	1600	1600	2600	2600	2600
250 $\leq$ Taux	2600	2600	2600	2600	2600

Source : Mariton, 2009.

L'accroissement du prix des véhicules plus énergivores peut s'avérer une source de revenus pour l'État, tout en contribuant à améliorer l'efficacité énergétique du parc automobile. Par contre, l'exemple français semble indiquer que si les subventions accordées aux acquéreurs de petits véhicules s'avèrent trop élevées, l'ensemble du programme peut avoir un effet pervers. En effet, il peut devenir un incitatif à l'acquisition d'un véhicule tout en nécessitant des fonds publics. Alors qu'un tel système pourrait même être configuré pour offrir une source de revenus nets pour l'État, le système français a été largement déficitaire lors de sa mise en œuvre. Les bénéfices dépasseraient toutefois les coûts du programme (CGDD, 2010). Si des critiques se sont manifestées relativement aux effets pervers potentiels de cette mesure<sup>29</sup>, rien n'en transparaît dans les évaluations officielles publiées par l'État français (Commissariat au développement durable, 2009; Mariton, 2009), sauf une allusion de la Commission des finances, de l'économie générale et du contrôle budgétaire (Mariton, 2009) à

<sup>29</sup> Prud'homme, Rémy (2009) "Le bonus malus de Borloo a augmenté les émissions de CO2!", disponible sur <http://energie.lexpansion.com/articles/climat/2009/04/Le-bonus-malus-de-Borloo-a-augmente-les-emissions-de-CO2-/>.



l'effet rebond. Les taux ont toutefois été changés en janvier 2010 et en janvier 2012, afin de tendre vers la neutralité fiscale.

### 1.9.2 Modulation des frais d'immatriculation

Il est également possible de moduler des frais perçus annuellement sur des véhicules selon leur rendement énergétique, leur niveau d'émission de GES ou un indicateur similaire. Introduite par le gouvernement du Québec dans son budget 2004-2005, la modulation des frais d'immatriculation a pour but de réduire les émissions de polluants et de GES provenant des véhicules. Elle s'applique annuellement à toutes les grosses cylindrées dont l'année de fabrication est postérieure à 1995. Ces droits additionnels sont-ils suffisamment élevés pour créer un véritable effet incitatif? Le lien entre la consommation et la tarification pourrait être difficile à établir pour le consommateur si la modulation est trop faible et si la population est insuffisamment informée à propos de celle-ci (tableau 1.9).

**Tableau 1.9**

Droits d'immatriculations additionnels, selon la cylindrée au Québec (pour 2012)

Cylindrée (en litres)	Droits (\$)	Cylindrée (en litres)	Droits (\$)
4,0	31,25 \$	4,7	104,00 \$
4,1	41,50 \$	4,8	114,00 \$
4,2	52,00 \$	4,9	125,00 \$
4,3	62,25 \$	5,0	136,00 \$
4,4	73,00 \$	5,1	146,00 \$
4,5	83,25 \$	5,2 et plus	156,00 \$
4,6	93,75 \$		

Source : <http://www.saaq.gouv.qc.ca/immatriculation/cylindree.php#renvoi>

En France, les véhicules de société sont assujettis, depuis janvier 2006, à une taxe annuelle qui dépend des émissions de CO<sub>2</sub> (tableau 1.10). Dans le cas des véhicules de société, l'effet incitatif de la tarification française est d'autant plus visible que celle-ci est directement

corrélée aux émissions de GES. De plus, les taux dépassent largement les niveaux symboliques de la politique québécoise<sup>30</sup>.

**Tableau 1.10**

Taxes sur les véhicules de société en France

Émission de CO <sub>2</sub> (en g/km)	Tarif applicable par g CO <sub>2</sub> /km en 2006 (en euros)	Taxe (en euros) en 2006	Tarif applicable par g CO <sub>2</sub> /km en 2012 (en euros)	Taxe (en euros) en 2012
≤ 50	2	- de 100	0	0
51 – 100	2	102 - 200	2	102 - 200
101 – 120	4	404 à 480	4	404 à 480
121 – 140	5	605 à 700	5,5	665,5 à 770
141 – 160	10	1410 à 1600	11,5	1621,5 à 1840
161 – 200	15	2415 à 3000	18	2898 à 3600
201 – 250	17	3416 à 4250	21,5	4321,5 à 5375
> 250	19	+ de 4769	27	+ de 6750

Sources : <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=13712&m=3&catid=17166> pour les taux de 2006 et <http://www.entrepriseindividuelle.info/TVS.php> pour ceux de 2012.

En plus des incitatifs destinés à réduire l'utilisation des véhicules, des taxes contribuant directement à accroître le prix d'achat peuvent viser à restreindre le taux d'acquisition de véhicules (OCDE, 2006a,b). Singapour a introduit en 1990 son *vehicle quota system* (VQS), une expérience unique dans le monde, par laquelle l'État fixe le nombre de nouveaux véhicules autorisés et procède à une vente aux enchères des plaques d'immatriculation (Koh, 2004; Han, 2009). La Norvège, quant à elle, impose une taxe à la première immatriculation, calculée en fonction de la cylindrée, de la puissance et du poids du véhicule (OCDE, 2006a,b).

### 1.9.3 Taxes sur les carburants

Les variations des prix des carburants influencent donc le marché automobile en ayant des effets incitatifs pour inciter à l'acquisition de véhicules plus efficaces (West, 2008; Turcksin et coll., 2013). Une baisse de prix est généralement associée à l'acquisition de plus gros

<sup>30</sup> [www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=31126&ref=16247&pl=B](http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=31126&ref=16247&pl=B)

véhicules, tandis qu'une tendance favorise les véhicules plus écoénergétiques, un effet qui touche particulièrement les acquéreurs de véhicules les moins nantis (Helfand et Wolverton, 2009; Mahadi et Gallagher, 2009).

Finalement, ces écotaxes peuvent s'intégrer dans différentes politiques ayant pour but de contribuer à internaliser les coûts sociaux des véhicules. Elles peuvent être appliquées en vertu de trois approches différentes, que nous présentons maintenant.

### **1.10 Abolition de subventions, mutations de frais existants et ajout d'écotaxes**

Étant donné les mesures décrites, trois grandes stratégies faisant appel à l'écofiscalité pourraient contribuer de manière importante à la réduction des externalités négatives associées au transport. La première consisterait à éliminer des subventions qui, plutôt que de corriger les distorsions économiques, viendraient les aggraver (OCDE, 2005; OECD, 2008). Ainsi, Wilson et Shoup (1990) estiment que près de 90 % des travailleurs américains bénéficient de stationnements gratuits au travail.

La deuxième consiste à transférer des frais existants de façon à obtenir un effet incitatif particulier. La mutation de frais fixes en frais variables, comme décrite précédemment, en est un exemple. Des taxes accrues à l'achat des voitures plus polluantes, jumelées à des subventions pour les véhicules plus propres, impliquent également ce genre de mutation.

La troisième approche consiste à adopter des écotaxes, donc des taxes additionnelles. Dans ce dernier cas, cela implique toutefois un débat sur l'utilisation des revenus.

### **1.11 Taxes dédiées et réformes fiscales écologiques**

Les recettes des écotaxes peuvent servir à couvrir les coûts de certaines dépenses ou permettre de baisser d'autres taxes qu'elles remplaceraient. La première approche pourrait par exemple consister à adopter des taxes environnementales dont les recettes sont dédiées à financer les solutions de rechange à l'activité polluante. Par exemple, elles pourraient permettre d'améliorer les transports collectifs ainsi que les infrastructures pour les transports

actifs, comme l'ajout de pistes cyclables et les réaménagements urbains axés sur les transports collectifs (Cervero et coll., 2010a).

La deuxième approche suppose également l'adoption de taxes destinées à modifier les choix des consommateurs, en internalisant les coûts environnementaux. Ainsi, plutôt que de financer de nouveaux investissements, la plus grande partie des recettes fiscales servirait à remplacer d'autres taxes traditionnelles. Ce dernier cas fait référence au concept de réforme écologique de la fiscalité (Hoerner et Bosquet, 2001, p. 90) :

*"When the revenue from taxes on pollution or resource depletion is used to lower taxes on valuable economic activities, such as employment or investment, we refer to this as "environmental tax reform.""*

La première option (ajout d'une taxe dédiée) implique *de facto* une augmentation des dépenses publiques ainsi que l'accroissement du fardeau fiscal des contribuables, ce que permet d'éviter, théoriquement, la deuxième approche. Il est à noter qu'une hausse des dépenses publiques peut s'avérer justifiée si celle-ci permet d'engendrer un bénéfice social net. Cela semble être le cas de plusieurs investissements dans les transports collectifs, pour lesquels l'amélioration de l'offre permet aux utilisateurs de réduire substantiellement les dépenses qu'ils ont à assumer pour leurs déplacements.

Plusieurs indices tendent à démontrer que les transports collectifs représentent globalement un coût moindre pour la société (ainsi que pour les ménages), que l'utilisation individuelle de l'automobile. Ainsi, la famille américaine doit consacrer 19 % de ses revenus, en moyenne, à ses dépenses liées aux transports. Ce poste de dépenses accapare 25 % du budget des familles des banlieues éloignées, mal desservies en transports collectifs, tandis qu'il descend au contraire à 9 % pour celles habitant dans des secteurs plus centraux et mieux desservis en transports collectifs (*Reconnecting America*, 2007)<sup>31</sup>.

En comparaison, ce taux est de 14 % en moyenne pour l'Allemagne (Buehler et coll., 2009). Il est également de 14 % pour les résidents de Portland, ville reconnue pour ses efforts en matière de promotion des transports collectifs et actifs (Ozawa, 2004). Une étude américaine

---

<sup>31</sup> En 2001, donc avant la hausse des cours du pétrole, les dépenses en transports pour les ménages américains représentaient 15,1 % de leurs revenus à New-York, 16,2 % à Portland, 20,7 % à Houston et 24,6 % à Tampa selon une autre évaluation (*Surface Transportation Policy Project*, 2003).

citée en 2007, donc réalisée avant les dernières hausses des prix du pétrole, concluait que 77 % de l'argent épargné en banlieue grâce au coût plus bas des maisons était perdu en acquisition de véhicules supplémentaires (*Reconnecting America*, 2007).

Certes, les transports collectifs induisent des bénéfices indéniables qui justifient certaines subventions gouvernementales (CCMM, 2010). Notons que plusieurs auteurs considèrent qu'il pourrait s'avérer préférable d'améliorer la qualité des transports publics, plutôt que d'utiliser les subventions afin d'offrir gratuitement des services dont la qualité et la fiabilité risquent de se détériorer, faute de financement suffisant (Macharis et coll., 2006; Van Goeeverden et coll., 2006).

Finalement, le redéploiement fiscal envers des taxes environnementales, qui s'effectuerait sans incidence sur les recettes totales générées, pourrait apporter ce que l'on appelle un double dividende. Cette théorie fait référence aux deux avantages, ou dividendes, que pourrait apporter une telle réforme : le premier bénéfice est une contribution visant à corriger les externalités liées à la pollution, alors que le deuxième découle de la diminution d'autres taxes créant des distorsions (Goulder, 1995) : « Selon les taux marginaux concernés et le pays considéré, le deuxième dividende pourrait se concrétiser par des progrès de l'emploi, de l'investissement et/ou de l'efficacité économique » (OCDE, 2001) <sup>32</sup>.

### 1.12 Concept d'acceptabilité sociale

Le concept d'acceptabilité sociale dans la gestion des ressources naturelles remonte aux travaux du sociologue Walter Firey (1960, cité par Shindler et coll. 2004). Celui-ci a conclu que l'adoption de n'importe quel programme ou politique dépend de sa capacité à satisfaire les trois conditions suivantes : 1) il doit s'avérer physiquement possible, donc consistant avec les processus écologiques; 2) économiquement faisable, donc générant des revenus supérieurs aux coûts et 3) compatible avec les normes et coutumes de la société, ce qui le rend culturellement adoptable.

---

<sup>32</sup> Hakonsen (2001) considère qu'il y a un double dividende fort (*strong*) si les bénéfices l'emportent sur les coûts, même en excluant de l'analyse le bien-être relatif à l'amélioration de la qualité de l'environnement.



Quoique l'acceptabilité sociale de la mise en œuvre des politiques de tarification des transports demeure un enjeu crucial, cet aspect semble avoir été peu développé sur le plan théorique, du moins dans ce nouveau champ d'application. On retrouve davantage l'acceptabilité sociale en tant que concept lié aux débats entourant des domaines tels que la gestion de milieux naturels (Steel et Weber, 2001; Kruger, 2001; Shindler et coll. 2004; Ford et coll. 2009) et les politiques de santé (De Coninck, 1997). Nous devons à Brunson (1996) une définition de l'acceptabilité sociale, largement citée et appliquée à la gestion des écosystèmes forestiers :

*"Acceptability in forest management results from a judgmental process by which individuals (1) compare the perceived reality with its known alternatives; and (2) decide whether the "real" condition is superior, or sufficiently similar, to the most favorable alternative condition."*

Cette définition nous paraît parfaitement transposable en remplaçant la *gestion forestière* par la *gestion des transports*. Plusieurs éléments méritent d'être soulignés. Premièrement, l'acceptabilité devient une condition relative dans la mesure où, pour juger de l'acceptabilité de quelque chose, une personne doit pouvoir la comparer à une autre option (Murray et Nelson, 2005). Ensuite, ce sont les perceptions qu'ont les individus des caractéristiques des solutions de rechange proposées qui semblent forger le jugement de ceux-ci relativement à leur acceptabilité. Ces perceptions permettent d'identifier celles qui sont les plus désirables, équitables et faisables. Ensuite, le jugement de l'individu sur l'acceptabilité doit être situé dans le contexte à la fois géographique et social de celui-ci (Brunson, 1993; Brunson, 1996; Murray et Nelson, 2005). Considérant ces éléments de subjectivité, on ne doit pas s'attendre à ce que le jugement des gens change seulement par une amélioration de leur niveau de compréhension technique (Stankey, 1996).

Parce qu'une grande partie de l'information provient du réseau des affiliations interpersonnelles, le jugement des individus est principalement basé sur la perception qu'ils ont du jugement des groupes de référence, c'est-à-dire des groupes auxquels une personne appartient (ou aspire à appartenir). Ces derniers servent de référence afin de juger les comportements appropriés dans des situations où les expériences personnelles antérieures s'avèrent ambiguës, voire non inexistantes (Brunson, 1996). Les décisions politiques reposent donc très souvent davantage sur le lobbying des groupes d'intérêt que sur l'opinion publique

(Brunson, 1996; Murray et Nelson 2005). En fait, de ces débats émergent deux conceptions du rôle que peut jouer le public dans le processus d'acceptation des politiques : le pluralisme compétitif (axé sur des arbitrages parmi des options présentées par des experts) et la démocratie délibérative (où des participants travailleraient ensemble à chercher des améliorations à leur situation) (Hoss et Brunson, 2000).

L'effort pour amener la perception d'une pratique ou d'une proposition du statut d'inacceptable à celui d'acceptable (ou au moins vers une position de neutralité) devrait surtout être dirigé vers les individus, selon Brunson (1996). Pour cet auteur, la polarisation entre les groupes d'intérêt serait telle qu'il serait plus facile de réussir à influencer les jugements des individus en l'absence de la dynamique de renforcement des attitudes constatée dans les réunions de groupe. Toutefois, il est plus efficace de fournir la nouvelle information à des groupes de référence, lesquels serviront de relais afin d'influencer le jugement de leurs membres. En fait, l'auteur conclut que les stratégies d'information les plus efficaces pourraient s'avérer celles qui visent à la fois les groupes et les individus. Alors que les réductions substantielles requises dans les émissions de GES ne pourront vraisemblablement pouvoir être obtenues grâce aux seules innovations technologiques, l'opinion publique demeure partagée concernant la volonté des citoyens d'être prêts à accepter des changements pouvant influencer sur leur mode de vie (Loukopoulos et coll., 2005).

Finalement, l'acceptabilité dépend du système politique. Gagnon (1990) démontre notamment qu'un pays doté d'un système politique fortement décentralisé (ex. : les États-Unis) tendrait à favoriser les groupes de pression qui veulent empêcher l'intervention de l'État. En contrepartie, il y serait plus difficile pour ceux-ci d'amener le gouvernement à bouger dans la direction désirée si, au contraire, l'objectif poursuivi s'avérait de favoriser une intervention publique. Ainsi, l'implantation de plusieurs écotaxes en Europe s'est faite grâce à l'appui des groupes qui y étaient favorables, et ce, malgré une opinion publique généralement défavorable (Beuermann et Santarius, 2006; Agnolucci, 2009).

### 1.13 Acceptabilité sociale et tarification des transports

Le recours aux instruments économiques se bute toutefois au mur de l'acceptabilité sociale : *"An important paradox in transport policies is that effective instruments are not acceptable, while acceptable policies are not very effective"* (Steg, 2003). Cela confirme les travaux de Prades et coll. (1998) qui considéraient que les redevances sur l'utilisation des routes auraient un effet structurant fort, mais une acceptabilité sociale faible.

Bien que la tarification routière puisse être perçue globalement comme étant inacceptable, cette perception varie selon plusieurs critères. La tarification est plus acceptable : 1) pour les non-utilisateurs de véhicules; 2) pour ceux qui perçoivent les problèmes de pollution et de congestion comme étant très sérieux; 3) dans une moindre mesure, pour ceux qui considèrent la situation actuelle comme étant inacceptable et 4) ainsi que pour ceux qui jugent que la tarification routière offre un moyen efficace de réduire la congestion. Enfin, certains critères ont été identifiés comme étant cruciaux afin que les mesures puissent réussir à être implantées avec succès. Parmi ces critères, notons le fait qu'elles soient encouragées vigoureusement par des leaders d'opinion (présence de « champions »), la perception largement répandue qu'il y a des problèmes à résoudre (p. ex. : congestion, pollution) et la conviction que les mesures proposées s'attaquent adéquatement à ces problèmes. Il y a toutefois peu de recherches sur l'incidence de la conception des programmes et des mesures sur leur acceptabilité sociale. Pourtant, une grande partie de l'enjeu repose sur la façon dont sont configurées et présentées les mesures ainsi que sur les bénéfices qui sont perçus par la population et les acteurs locaux (Jaensirisak et coll., 2005).

Glazer et Niskanen (2005) considèrent que si le public s'oppose souvent aux péages urbains (même si ceux-ci pourraient permettre d'accroître le bien-être de la société), cela pourrait être simplement parce que les utilisateurs de la route voient le péage comme étant une punition pour le dommage causé, alors qu'ils s'estiment souffrir eux-mêmes de la congestion. De plus, bon nombre de citoyens ne croient tout simplement pas que les gouvernements affecteront les sommes récoltées là où ils se sont engagés à le faire (Dresner et coll., 2006).

Jaensirisak et coll. (2003) concluent que la tarification routière ne sera acceptable que si les citoyens sont convaincus que celle-ci leur apportera des bénéfices, tant pour eux-mêmes que pour l'ensemble de la société. Ainsi, bien que la tarification routière puisse être perçue comme étant inacceptable, cette perception peut varier selon plusieurs critères. La tarification est plus acceptable pour les non-utilisateurs de véhicules, pour ceux qui perçoivent les problèmes de pollution et de congestion comme étant très sérieux et, dans une moindre mesure, pour ceux qui considèrent la situation actuelle comme étant inacceptable, ainsi que pour ceux qui jugent que la tarification routière offre un moyen efficace de réduire la congestion. Les répondants plus âgés sont moins enclins à encourager celle-ci. De façon surprenante, le revenu ne semble pas influencer son acceptabilité, les facteurs reliés à l'attitude semblant avoir un impact plus important que les caractéristiques socio-économiques personnelles (Jaensirisak et coll., 2005).

Selon le modèle « psychoéconomique » de l'acceptabilité sociale des politiques de transports de Weiland et coll. (2003 et 2004), ce serait, en fin de compte, la façon dont les mesures envisagées sont perçues par quatre types d'acteurs spécifiques qui permettent d'en déterminer l'acceptabilité sociale. Cela implique que différents acteurs (politiciens, promoteurs de projet de transport, citoyens et groupes d'intérêt ainsi que médias) doivent être également convaincus des problèmes (pollution, congestion) que l'on vise à résoudre et de l'efficacité des mesures proposées (Weiland et coll., 2003 et 2004). Ce modèle sur l'acceptabilité sociale des transports est conforme aux travaux de Tanguay et coll. (2004), qui démontrent que la sévérité de plusieurs politiques environnementales résulte des revendications de groupes de pression.

Ainsi, une grande partie de l'enjeu reposera sur la façon dont seront configurées et présentées les mesures ainsi que sur les bénéfices et les coûts qui seront anticipés par la population et les acteurs locaux (Jaensirisak et coll., 2005). Enfin, certains critères ont été identifiés comme étant cruciaux afin que les mesures puissent être implantées avec succès, dont le fait qu'elles soient encouragées vigoureusement par des leaders d'opinion (présence de champions), la perception largement répandue qu'il y a des problèmes à résoudre (congestion, pollution) et la certitude que les mesures proposées s'adressent adéquatement à ces problèmes. Il y a



toutefois peu de recherches sur l'incidence de la conception des programmes et des mesures sur leur acceptabilité sociale (Jaensirisak et coll., 2005).

Steg (2003) a ainsi comparé l'acceptabilité sociale de 17 mesures différentes – toutes appliquées aux transports – en se basant sur des sondages d'opinion, avec l'efficacité relative de celles-ci (mesurée en tant que gains anticipés par des experts). Ses résultats révèlent une corrélation inverse directe entre l'efficacité des mesures et leur acceptabilité sociale. Plus une mesure est efficace, moins elle s'avère populaire, du moins *a priori*, même si les études économiques prévoient un gain social net pour la majorité de la population visée. Ce paradoxe prouverait, selon l'auteure, que les choix des gens ne sont pas toujours rationnels. Cela fait ressortir également le fait que si une mesure est efficace pour induire un changement comportemental, c'est justement parce qu'elle dérange.

Plusieurs facteurs contribuent à expliquer, d'un point de vue psychologique, les comportements et les décisions des politiciens et du public :

- Premièrement, un désavantage majeur pour l'acceptabilité des mesures de tarification repose sur le fait que leurs bénéfices (du moins aux yeux des électeurs) sont constatés après un certain temps, ce qui fait qu'ils ne sont pas attribués directement à l'action des politiciens. Au contraire, les inconvénients sont perceptibles immédiatement (Frey, 2003).
- Deuxièmement, un autre facteur très important contribue à la faible acceptabilité des politiques utilisant la tarification, facteur qui repose sur l'asymétrie suivante : alors que les bénéfices sont largement distribués, même s'ils sont de faible amplitude, les coûts sont fréquemment assumés par une portion restreinte de la population, mais peuvent être relativement plus élevés par personne touchée. On constatera alors une opposition structurée et forte de ceux qui seraient défavorisés par les mesures et un faible appui de ceux qui en profiteraient – la majorité silencieuse (Wieland et coll., 2003 et 2004).

Cela implique aussi que des solutions de rechange soient offertes aux citoyens (ex. : amélioration de l'offre de transports publics, véhicules plus efficaces), alternatives qui doivent répondre à leurs nombreuses attentes (Steg, 2003; Wieland et coll., 2003, 2004). Plusieurs expériences semblent démontrer qu'il est toutefois possible de surmonter les obstacles à la mise en œuvre des écotaxes. Les sondages réalisés avant et après l'implantation de péages urbains dans plusieurs villes européennes s'avèrent éloquentes (voir le tableau 1.11). Ainsi, les taux d'approbation de la population envers ceux-ci tendent à



augmenter alors qu'elle en perçoit mieux les bénéfices. Une conclusion que partagent également De Borger et Proost (2012).

Schade et Baum (2007) ont démontré qu'en accord avec les prédictions de la théorie de la « dissonance », les résultats d'un échantillon avaient révélé clairement que les personnes convaincues que l'introduction d'une tarification routière s'avérerait inévitable avaient développé une attitude beaucoup plus positive envers celle-ci que les autres gens interrogés.

**Tableau 1.11**  
Évolution de l'acceptabilité sociale de péages urbains existants

	<b>Bergen</b>	<b>Oslo</b>	<b>Trondheim</b>	<b>Londres</b>	<b>Stockholm</b>
Année d'implantation	1986	1990	1991	2003	2007 (après un essai en 2006)
Impacts initial sur la congestion	- 6 à - 7 %	- 5 %	- 10 %	- 21 %	- 20 % à - 25 % (objectifs :- 10 % -15 %)
Partage de l'opinion publique (positif/négatif) juste avant l'implantation)	19/81	30/70	9/91	5 % plus d'opposants que de partisans (2 mois avant l'implantation)	Plusieurs sondages à la fin de 2005 : environ 35/55
Partage de l'opinion publique (positif/négatif) après 1 à 2 années d'opération	58/42	41/59	47/53	26 % plus de partisans que d'opposants (1 an après implantation)	Référendum de septembre 2006 : 52/46 (à Stockholm, moins d'appuis en banlieue)

Sources : Tretvik, 2003, AQTR, 2008, Lefebvre et coll., 2009.

Finalement, l'enjeu de l'acceptabilité repose sur l'impact anticipé par les citoyens. Ainsi, De Groot et Steg (2006) utilisent 22 indicateurs afin d'estimer l'incidence appréhendée sur la qualité de vie qu'aurait de doubler le prix de l'essence. Quoique l'impact sur les répondants à leur questionnaire demeure négatif, il s'avère moins élevé qu'anticipé. Ce résultat pourrait s'expliquer en assumant que les répondants utilisent un modèle de prise de décision

compensatoire : l'amélioration de certains aspects compensant en partie la détérioration pressentie sur d'autres (Steg et Gilford, 2005).

### 1.14 Enjeu de l'équité

Les craintes associées aux effets distributifs et l'aversion envers ce qui est perçu comme une hausse du fardeau fiscal font aussi partie des nombreux obstacles qui empêchent l'implantation de ces incitatifs (OCDE, 2006a). Pour Callan et coll. (2009), une taxe sur le carbone serait nécessairement régressive, car elle affecterait de façon disproportionnée les ménages les moins fortunés. Toutefois, contrairement à d'autres instruments, la taxe sur le carbone a l'avantage particulier de générer des revenus qui peuvent permettre de compenser les impacts sociaux appréhendés.

En réalité, plusieurs facteurs peuvent influencer l'impact relatif des mesures de tarification des transports. En fait, l'idée souvent répandue que la tarification routière serait nécessairement régressive a été réfutée. Son impact social varie selon les villes, le lieu de résidence et les modes de déplacement (Santos et Rojey, 2004). Enfin, pour un même lieu, il dépend également de la configuration de la mesure (Graham, 2009), incluant la façon dont sont recyclés les revenus récoltés (Mayeres et Proost, 2002).

De plus, la notion d'équité, telle qu'elle apparaît dans la littérature et dans les débats politiques, fait référence à plusieurs concepts. Les notions d'équité et de justice nous ramènent à Aristote, lequel distinguait trois sortes de justice (Glazer et Niskanen, 2005) :

1. **La justice compensatoire**, qui concerne la compensation des victimes de mauvaises actions;
2. **La justice distributive**, laquelle touche l'allocation des bénéfices et des fardeaux
3. **La justice punitive** laquelle touche la punition de crimes ou de torts causés à autrui.

Rietveld (2006) y voit les six enjeux suivants :

1. **L'équité horizontale**. Des individus comparables doivent être traités d'une manière comparable.

2. **L'équité territoriale.** Cette notion correspond à l'application de l'équité individuelle à des régions relativement homogènes. Par exemple, des régions comparables devraient pouvoir recevoir des fonds similaires pour le développement des transports collectifs.
3. **L'égalité des chances** (ou *level playing field*). Les différents secteurs de transport devraient être traités de façon similaire, eu égard à la taxation, à leur contribution pour l'utilisation des infrastructures, etc.
4. **L'équité verticale.** Le fardeau financier devrait tenir compte de la capacité de contribution des gens. L'objectif est de protéger les individus désavantagés. Cela devrait amener à opter pour des mesures où les taxes sont plus que proportionnelles aux revenus.
5. **Les utilisateurs des transports doivent payer leurs déplacements.** Ce concept est généralement interprété en termes de coût moyen impliqué.
6. **Les individus qui seront négativement affectés par une politique doivent être compensés.** Ce principe prend au départ le *statu quo* comme référence et indique que les gagnants auront à compenser les perdants.

Litman (2002) retient trois types d'équité reconnus dans la littérature en économie publique : 1) l'équité horizontale; 2) l'équité verticale en fonction du revenu et des classes sociales et 3) l'équité verticale selon les besoins de mobilité. Cet auteur constate une forte corrélation entre les revenus des individus et le kilométrage parcouru. Celle-ci s'avère d'autant plus forte lorsque l'analyse se fait au niveau des ménages plutôt qu'à celui des individus. Cela l'amène à considérer que la tarification des frais d'assurance en fonction du kilométrage parcouru (*pay-as-you-drive*) devrait non seulement permettre de réduire les coûts moyens associés aux assurances, mais que les conducteurs les moins favorisés pourraient bénéficier des baisses les plus significatives.

### 1.15 Surmonter les obstacles à l'acceptabilité sociale

Jaensirisak et coll. (2003) concluent que la tarification routière ne sera acceptable que si les citoyens sont convaincus que celle-ci leur apportera des bénéfices, tant pour eux-mêmes que pour l'ensemble de la société. En fait, il est même considéré que l'appui du public ne peut être obtenu seulement par une argumentation rationnelle. Un processus décisionnel doit permettre de construire cette acceptabilité en organisant des interactions entre les décideurs et les parties prenantes, de sorte que chacun puisse apprendre de l'autre, tout en construisant progressivement un projet acceptable (METL, 2001). En s'appuyant sur la théorie des jeux,

Levinson (2005) considère la tarification liée à la congestion comme un mécanisme coopératif visant à minimiser les coûts totaux. À cet égard, l'intégration des groupes d'intérêt (les parties prenantes), le plus tôt possible dès la conception des projets, peut permettre de prévenir les conflits, tout en facilitant leur adhésion à la démarche proposée (Auvine et coll., 2002; Büchel et Moss, 2007; Ross, 2010).

Quant à l'appui envers diverses mesures de tarification, il s'avère généralement faible si la mesure est proposée sans précision sur l'usage qui sera fait des revenus. Il s'accroît toutefois substantiellement lorsqu'il y a « hypothécation » des revenus à l'intérieur d'un forfait (*package*) auquel les répondants seraient favorables, particulièrement s'il inclut des mesures comme les investissements dans les transports publics et dans les infrastructures routières (Ubbels et Verhoef, 2006). En fait, l'acceptabilité de ces mesures serait un processus en évolution, non seulement parce qu'elles traitent des phénomènes complexes, mais également parce qu'elles incluent des enjeux moraux et sociaux qui sont débattus dans l'arène politique (Shindler et coll., 2004).

Le partage des coûts et des bénéfices constitue également un obstacle important à surmonter. Les compagnies d'assurances n'ont pas intérêt à investir dans la technologie permettant de mesurer de façon sécuritaire le kilométrage parcouru, alors que les assurés, comme l'ensemble de la population, en tireront les bénéfices (Litman, 2006). Alors que l'on sait qu'il est parfois préférable d'offrir un panier de mesures amenant plusieurs bénéfices, on ne peut que constater le fait que cet exercice n'a pas été entrepris pour nombre de combinaisons de mesures. Pourtant, n'y aurait-il pas intérêt à jumeler la mutation des frais d'assurance en frais kilométriques avec une mesure telle qu'une hausse de la taxe sur l'essence ou l'imposition de péages? La première est une mesure reconnue pour sa progressivité, mais qui n'apporte aucun financement additionnel à l'État, ce que font les deux autres options.

Finalement, comment ajouter à ce cocktail de mesures celles pour lesquelles les données sont à peu près inexistantes, du moins au Québec, comme le nombre d'espaces de stationnement fournis gratuitement par les employeurs? Pourtant, les bénéfices anticipés pourraient justifier de surmonter les obstacles à leur implantation. De nombreuses questions restent donc en

suspens. Nous tenterons de répondre à certaines d'entre elles. Nous discuterons maintenant des approches possibles et choisies en termes de modélisation pour arriver à cette fin.

### 1.16 Modélisations et outils d'analyse

Plusieurs modèles visent à identifier, à partir des résultats de questionnaires, les préférences exprimées, tandis que d'autres utilisent les comportements observés pour évaluer les préférences révélées des citoyens et les facteurs influençant leurs choix (notamment Carson, 2000; Hensher et Green, 2003; Ryan, 2004; Powe et coll. 2005; Terra, 2005; Carson et Groves, 2007; Desjardins, 2007; Vermeulen et coll., 2007).

Le modèle de type logistique multinomial (*multinomial logit model*) permet d'évaluer les facteurs susceptibles d'accroître l'appui pour des mesures envisagées, notamment lorsque le répondant a à choisir entre plusieurs scénarios, chacun ayant plusieurs caractéristiques différentes (Hensher et Green, 2003; Vermeulen et coll., 2007). Les résultats attendus avec ce genre de modèle sont notamment sous la forme de rapports de cote (*Odd Ratio*). Ceux-ci donneront, par exemple, dans quelle mesure une variation marginale relativement à un critère est susceptible d'influencer le résultat pour la variable dépendante considérée (Green, 1993). On peut également classer les citoyens en fonction de préférences exprimées, notamment sur le plan électoral, relativement à leur positionnement idéologique sur certains enjeux (Swyngedouw et Depickere, 2007). Mentionnons en guise d'exemple, Choo et Mokhtarian (2008), qui ont développé un modèle portant sur les considérations individuelles relativement à trois stratégies reliées au transport : un maintien ou un accroissement des déplacements; une réduction des déplacements et un changement majeur dans la localisation ou dans le mode de vie. Devant une hausse du prix de l'essence, les trois comportements se retrouvent dans la population.

La méthode de l'évaluation contingente vise à estimer le consentement à payer (CàP - *Willingness to pay* - *WTP*) à partir des réponses à des questions hypothétiques. Plus récemment, des méthodes que nous pourrions traduire comme étant « l'expérimentation de choix » ont été développées (EC, *Choice Experiments*, selon Ryan, 2004, appelé aussi *Conjoint Method*, notamment par DeShazo et Fermo, 2002). Ces techniques permettent de



demander au sujet de comparer différents biens et services, ce qui peut prendre la forme de plusieurs scénarios, à l'instar de menus des restaurants. Le prix ou une approximation du prix devient un attribut, parmi une multitude d'autres, que le répondant devra soupeser afin de choisir l'option qu'il préfère. Selon Ryan (2004), cette approche présenterait même des avantages sur les méthodes plus directes d'évaluation contingente. Ryan (2004) a aussi réalisé une étude comparative sur le consentement à payer généré à partir d'un choix dichotomique dans le cadre d'une évaluation contingente et dans l'expérimentation de choix. Les résultats des deux méthodes n'étaient pas significativement différents.

DeShazo et Fermo (2002) mettent toutefois les chercheurs en garde : l'accroissement de la complexité dans les choix offerts peut nuire à la fiabilité des résultats obtenus, ce qui pourrait notamment être dû à une surcharge d'information. Ils mentionnent néanmoins que cette méthode permet d'utiliser jusqu'à 10 solutions de rechange avec 15 à 20 attributs par solution proposée. Certes, de tels questionnaires peuvent susciter des biais dus à des choix stratégiques, particulièrement si les répondants pensent pouvoir influencer les politiques par leurs réponses. Nous porterons une attention certaine aux conseils donnés par différents auteurs concernant l'élaboration, la réalisation et l'interprétation de tels questionnaires (notamment Carson, 2000; Hensher et Green, 2003; Ryan, 2004; Powe et coll., 2005; Terra, 2005; Carson et Groves, 2007; Vermeulen et coll., 2007).

Par contre, dans bien des cas, une analyse qualitative menée avec un nombre restreint de groupes de discussion peut permettre d'obtenir des informations précieuses sur la perception de la population ou de certains acteurs sociaux relativement à des mesures qui auront été envisagées dans un modèle plus théorique. Des approches mixtes reposant sur une évaluation quantitative, jumelée à des groupes de discussion dans une perspective plus qualitative, ont déjà été réalisées avec succès (Powe et coll., 2005).

Pour chercher à évaluer l'impact potentiel de différents incitatifs, il est pertinent de considérer l'impact relatif de différentes variables sur des indicateurs clés. Dans le cas des émissions de GES, celles-ci découlent du nombre de véhicules, des émissions unitaires (mesurées par leur rendement énergétique) et du kilométrage parcouru. La congestion implique le nombre de véhicules utilisés durant les périodes de pointe. Des outils touchent à ces problématiques.

D'autres types de modèles permettent d'évaluer l'impact des différentes politiques publiques sur un certain nombre de variables. L'objectif est généralement de chercher à maximiser l'utilité sous différentes conditions ou à voir l'impact de certaines variables indépendantes sur des variables dépendantes. De nombreuses études font état de modèles économétriques visant à mesurer l'influence de diverses variables sur la consommation de carburant (Pock, 2010; voir aussi la recension réalisée par Graham et Glaister, 2002). D'autres auteurs étudient plus spécifiquement les facteurs influençant l'efficacité énergétique du parc automobile (Espey, 1996). D'autres encore étudient les incidences théoriques qui seraient associées à des programmes dits de redevances-remises (*feebates*), ou bonus malus (Johnson, 2003; Green et coll., 2005; McManus, 2007).

Hirota et Poot (2005) utilisent un modèle reliant les stocks de véhicules, le kilométrage effectué et les émissions de GES aux taxes sur le carburant ainsi qu'à celles touchant l'acquisition et la possession des véhicules. Leur étude démontre l'efficacité des incitatifs visant à récompenser les meilleures performances environnementales, mais sa précision demeure limitée par la taille de l'échantillon (68 grandes villes, pour une seule année).

Plusieurs auteurs utilisent des modèles mathématiques intégrés afin d'identifier les facteurs susceptibles d'influencer spécifiquement l'évolution du stock de véhicules, le kilométrage parcouru par adulte et finalement l'efficacité du parc de véhicules (Johansson et Schipper, 1997; Small et Van Dender, 2007a,b; Barla et coll., 2009).

Comme les modèles traditionnels (Small et Van Dender, 2007a,b; Barla et coll., 2009) considèrent seulement le coût moyen des véhicules, une redevance à l'achat d'un gros véhicule qui servirait à réduire le coût d'acquisition d'un petit véhicule serait non perceptible par ceux-ci. Cela pourrait amener des contradictions. BenDor (2005) estime ainsi qu'un bonus malus canadien réduirait légèrement les ventes totales, alors que le bonus malus français semble au contraire avoir contribué à accroître celles-ci en réduisant le prix des véhicules d'entrée de marché.

Anas et Timilsina (2009a,b) évaluent l'impact de mesures telles qu'une hausse des taxes sur l'essence ou l'accroissement de l'offre des infrastructures routières sur le choix des modes de transport, et ce, pour différentes catégories de revenus pour une ville brésilienne et une ville

chinoise. En fait, beaucoup d'études portent sur la modélisation de l'impact des taxes sur les carburants sur différents groupes socio-économiques (Wadud et coll., 2009). Litman (2009) a estimé l'impact de la mutation des frais fixes en frais variables selon le revenu des automobilistes avec les données de la Colombie-Britannique. Shoup (1997, 2005) analyse sur plusieurs angles les incidences du transfert aux employés des frais associés aux stationnements (*parking cash out*), mais sans aborder l'enjeu de l'impact en fonction des revenus, quoiqu'il décrive assez bien les différentes options applicables par des employeurs.

Nous avons finalement retenu deux approches quantitatives différentes pour les fins de la présente recherche. Premièrement nous avons décidé de monter une banque de données pour 37 pays permettant d'effectuer des régressions en nous inspirant notamment de l'approche de Small et Van Dender (2007a,b) ainsi que de Barla et coll. (2009). Cette méthode permet de mesurer les incidences de différentes variables, à l'échelle internationale. Les deux prochains chapitres (II et III) portent sur cette approche. Deuxièmement nous avons adapté à la région de Montréal le modèle développé par Anas et Timilsina (2009a,b), lequel fait l'objet des deux chapitres suivants (IV et V). Ce modèle permet d'évaluer les impacts de différentes combinaisons de mesures sur différentes classes de revenus des résidents de la région montréalaise. Nous complétons, dans le chapitre V, avec une analyse portant sur l'enjeu de l'acceptabilité sociale des mesures étudiées, laquelle intègre quelques constats venant des groupes de discussions auxquels nous avons pu assister.

## CHAPITRE II

### DISTANCES PARCOURUES, STOCKS DE VÉHICULES ET EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE : UNE PERSPECTIVE INTERNATIONALE

#### Résumé

Dans cette étude, nous procédons à une analyse multivariée (37 pays sur 21 ans) afin d'expliquer les facteurs déterminant le kilométrage parcouru annuellement, les taux de possession de véhicules et leur efficacité énergétique. Ces trois variables jouent un rôle déterminant en ce qui concerne les niveaux d'émissions de gaz à effet de serre (GES) du secteur des transports routiers. Nous augmentons toutefois le nombre de variables indépendantes étudiées, comparativement à des travaux réalisés antérieurement, en discernant les impacts de différentes formes d'écotaxes. Les résultats indiquent qu'une hausse des prix des carburants affecte les variables dépendantes de façon à réduire les émissions de GES, tandis qu'une augmentation des frais fixes (d'immatriculation) entraîne plutôt l'effet inverse. Une baisse des taxes imposées sur les petites voitures favorise une amélioration de l'efficacité énergétique du parc, mais incite également les citoyens à faire l'acquisition de plus de véhicules. Nos résultats démontrent que l'application actuelle de l'écofiscalité pourrait être améliorée, notamment en mettant l'accent sur les modes de tarification associés à l'usage des véhicules.

**Mots clés :** *transports, écofiscalité, immatriculation, stationnement, international.*

#### Abstract

*In this study we conduct a multivariate analysis (37 countries over 21 years) to explain the determinants of the rate of car ownership, the annual mileage and average fuel efficiency of the fleet, three variables that play a role in the emission levels of greenhouse gas (GHG) emissions from passenger transport sector. However, we increase the number of independent variables studied, compared to previous work, discerning the impact of different forms of environmental taxes. The results indicate that any increase in fuel prices affected the dependent variables in order to reduce GHG emissions, while an increase in fixed costs (registration) results in an opposite effect in all three cases. Lower taxes on small cars helps us improve the energy efficiency of the park, but also encourages the acquisition of more vehicles. Our results demonstrate that the current implementation of environmental taxation could be optimized, particularly focusing on the pricing models associated with vehicle use.*

**Keywords:** *transport, ecotax, registration, parking, international.*

#### 2.1 Introduction

Alors que la population mondiale est devenue majoritairement urbaine au début des années 2000 (Gehl, 2010) il est maintenant reconnu que les villes sont des acteurs clés dans la mise

en œuvre du développement durable (Emelianoff et Stegassy, 2010). La réduction des externalités associées aux transports urbains s'inscrit ainsi au cœur des **études urbaines** contemporaines (Charlot-Valdieu et Outrequin, 2011).

Le secteur des transports routiers induit de nombreux coûts externes (Newman et Kenworthy, 1989; European commission, 2003). Certains sont spécifiquement reliés à la consommation de carburants, dont l'impact sur la qualité de l'air et les émissions de gaz à effet de serre (GES) (Prades et coll., 1998; Proost et Van Dender, 2001; GIEC, 2007). D'autres découlent de la congestion routière (Derycke 1997, 2000; Joubert *et coll.*, 2009), des accidents (Vickrey, 1968; Edlin et Mandic, 2006) ou des coûts d'opportunité associés aux espaces de stationnement (Shoup, 2005; Litman, 2006).

De nombreuses études font état de modèles économétriques visant à mesurer l'influence de diverses variables sur la consommation de carburant (Pock, 2010; voir aussi la recension réalisée par Graham et Glaister, 2002). D'autres exposent plus spécifiquement les facteurs influençant l'efficacité énergétique du parc automobile de façon générale (Espey, 1996), ou en lien avec une mesure spécifique telle que les programmes de *feebates* ou *bonus malus* en français (Green et coll., 2005; Johnson, 2006; McManus, 2007).

Hirota et Poot (2005) utilisent un modèle reliant les stocks de véhicules, le kilométrage effectué et les émissions de GES aux taxes sur le carburant ainsi qu'aux taxes relatives à l'acquisition et à la possession des véhicules. Leur étude porte sur 68 villes, pour une année. Elle démontre l'efficacité des incitatifs visant à récompenser les meilleures performances environnementales.

Plusieurs auteurs utilisent une série d'équations afin d'identifier simultanément les facteurs susceptibles d'influencer spécifiquement l'évolution du stock de véhicules, les distances parcourues et, finalement, l'efficacité du parc de véhicules (Johansson et Schipper, 1997; Small et Van Dender, 2007a,b; Barla et coll., 2009). Seul le prix des carburants est généralement considéré parmi les variables susceptibles de refléter la présence d'écotaxes, l'étude de Hirota et Poot (2005) représentant plus l'exception que la règle.

Pock (2010) soulève que le simple fait de considérer seulement le prix de l'essence peut altérer les résultats dans des études économétriques portant sur la consommation de carburant



à l'échelle internationale. En effet, il existe d'importantes différences non seulement entre les prix de l'essence et du diesel dans de nombreux pays, mais également dans les proportions respectives de ces deux carburants qui sont effectivement consommées.

Anas et Timilsina (2009) évaluent pour la ville de São Paulo l'impact de mesures telles qu'une hausse des taxes sur l'essence ou l'accroissement de l'offre des infrastructures routières sur le choix des modes de transport, pour différentes catégories de revenus. D'autres études portent sur la modélisation de l'impact des prix de carburants sur différents groupes socio-économiques (Wadud et coll., 2009). Litman (2009) a, quant à lui, estimé l'impact de la mutation des frais fixes en frais variables (*pay-as-you-drive*) selon le revenu des automobilistes avec des données de la Colombie-Britannique. Shoup (1997, 2005) analyse sous plusieurs angles les incidences du transfert aux employés des indemnités de stationnement (*parking cash out*). L'enjeu des impacts en fonction des revenus n'est toutefois pas abordé.

De leur côté, Green et coll. (2005) évaluent que les consommateurs sous-estiment d'environ 60 % la valeur des économies d'énergie des nouveaux véhicules dont ils font l'acquisition. En effet, seuls seraient pris en compte les bénéfices attendus au cours de leurs trois premières années d'utilisation. Ces auteurs défendent l'idée que l'État taxe davantage les véhicules présentant les plus hauts niveaux de consommation et subventionne l'acquisition de véhicules offrant les meilleures performances énergétiques. Ce système est appelé *feebates* en anglais (Davis et coll., 1995), ce qui fut traduit initialement par redevances-remises (Lefebvre et coll. 1995). Aujourd'hui, l'expression bonus malus est consacrée en français, suite à l'implantation d'un tel système par la France en 2008 (Commissariat au développement durable, 2009; Commission des finances, de l'économie générale et du contrôle budgétaire, 2009).

Les modèles traditionnels (Small et Van Dender, 2007a,b; Barla et coll., 2009) considérant seulement le coût moyen des véhicules, une redevance à l'achat d'un gros véhicule qui servirait à réduire le coût d'acquisition d'un petit véhicule serait non perceptible par ceux-ci. Cette omission pourrait amener des contradictions. Marbek et coll. (2005, p. viii) s'attendent à ce qu'avec l'adoption d'un éventuel bonus malus canadien, « l'ensemble des ventes de véhicules fléchisse légèrement », une conclusion que nous contestons. D'ailleurs, le bonus

malus français aurait au contraire contribué à accroître ces ventes, en réduisant le prix des véhicules d'entrée de gamme.<sup>33</sup> En effet, en plus de permettre d'analyser l'impact d'un accroissement du nombre de variables explicatives dans les équations utilisées par Barla et coll. (2009), le présent article vise d'abord à répondre aux questions suivantes :

Cela nous amène à la question générale suivante :

- ❑ L'écofiscalité représente-t-elle une solution efficace pour réduire les externalités liées aux émissions de gaz à effet de serre (GES) et à la congestion dans le transport urbain de personnes?

Et subsidiairement :

- ❑ Quelles sont les incidences de différentes formes de tarification ainsi que celles d'autres variables sur les distances parcourues, les taux de possession de véhicules et leur efficacité énergétique?
- ❑ Peut-on anticiper les incidences d'un bonus malus en discernant les impacts d'une variation de la taxation appliquée selon différentes catégories de véhicules, particulièrement sur les véhicules d'entrée de gamme?
- ❑ Est-ce que l'imposition de frais fixes (associés à la possession de véhicules) pourrait s'avérer moins efficace que celle associée à des coûts variables (reliés à leur utilisation) dans le cadre de stratégies visant à réduire les émissions de GES du secteur des transports?

En procédant à une analyse économétrique par panel, à l'échelle internationale, nous testons les trois variables dépendantes identifiées par Barla et coll. (2009). Nous estimons l'influence de diverses variables explicatives sur les distances parcourues, les taux de possession de véhicules et leur efficacité énergétique. Nous élargissons toutefois la gamme de variables indépendantes utilisées, notamment afin d'évaluer les impacts de diverses formes de tarification. L'article se construit comme suit : la méthodologie, les variables considérées et la provenance des données sont d'abord présentées (section 2.2), suivies des types de modélisation retenus (section 2.3), des résultats pour chacune des trois séries de régressions effectuées (section 2.4) et, de notre conclusion (section 2.5).

---

<sup>33</sup> Prud'homme, R. (2009) "Le bonus malus de Borloo a augmenté les émissions de CO<sub>2</sub>!", disponible sur <http://energie.lexpansion.com/articles/climat/2009/04/Le-bonus-malus-de-Borloo-a-augmente-les-emissions-de-CO2-/>

## 2.2 Méthodologie et données

### 2.2.1 Spécifications du modèle et base de données

La présente recherche est basée sur les travaux de Barla et coll. (2009), eux-mêmes largement inspirés par ceux de Small et Van Dender (2007). Dans ces deux articles, les auteurs utilisent un modèle consistant en trois équations (présentées ci-après) visant à expliquer les trois variables dépendantes suivantes ( $y$ ) : (1) le taux de possession de véhicules pour cent adultes ( $SA$ )<sup>34</sup>, (2) le kilométrage moyen parcouru annuellement par adulte ( $KA$ ) et (3) la consommation unitaire des parcs de véhicules pour cent kilomètres parcourus ( $CR$ ).

- 1)  $\ln(SA_{it}) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(SA_{i,t-1}) + \alpha_2 \ln(KA_{it}) + \alpha_3 \ln(PKM_{it}) + \alpha_4 \ln(PVI_{it}) + \alpha_5 \ln(GDPPC_{it}) + \alpha_6 Urban_{it} + \alpha_7 Trend_t + \alpha_i + \varepsilon_{1it}$
- 2)  $\ln(KA_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(KA_{i,t-1}) + \beta_2 \ln(SA_{it}) + \beta_3 \ln(PKM_{it}) + \beta_4 \ln(GDPPC_{it}) + \beta_5 Urban_{it} + \beta_6 Trend_t + \beta_i + \varepsilon_{2it}$
- 3)  $\ln(CR_{it}) = \gamma_0 + \gamma_1 \ln(CR_{i,t-1}) + \gamma_2 \ln(KA_{it}) + \gamma_3 \ln(GPI_{it}) + \gamma_4 \ln(GDPPC_{it}) + \gamma_5 Urban_{it} + \gamma_6 Trend_t + \gamma_i + \varepsilon_{3it}$

Leurs variables (actualisées et adaptées) représentent donc :

- $i$  est l'indice pour le territoire considéré, les provinces canadiennes dans le cas de Barla et coll. (2009) et les pays dans la présente étude ( $i = 1, 2, \dots, 37$ )
- $t$  représente l'indice pour l'année considérée ( $t = 1, 2, \dots, 21$ , pour les années 1990 à 2010, pour notre étude);
- $KA_{i,t-1}$ ,  $SA_{i,t-1}$  et  $CR_{i,t-1}$ , représentent un décalage d'un an dans les variables correspondantes;
- $PKM$  est le coût moyen en carburant pour parcourir un kilomètre pour l'ensemble du parc;
- $PVI$  est l'indice des prix pour l'achat ou la location de nouveaux véhicules (2005=100 pour chaque pays);

<sup>34</sup> Barla et coll. (2009) utilisent  $\ln(SA)$ . Nous avons considéré pour  $SA$  le stock de véhicules pour 100 adultes. Nous combinons l'approche log = log et semi-log. Si le modèle est  $\ln(Y_{it}) = \alpha + \beta \ln(X_{it}) + \varepsilon_{it}$ ,  $\beta$  est l'élasticité de  $y$  par rapport à  $x$  (modèle double log). Si le modèle est  $\ln(Y_{it}) = \alpha + \beta (X_{it}) + \varepsilon_{it}$ ,  $\beta$  est approximativement le pourcentage de variation de  $y$  sachant une variation de 1 unité en  $x$  et si le modèle est  $Y_{it} = \alpha + \beta \ln(X_{it}) + \varepsilon_{it}$ ,  $\beta$  est approximativement le changement de  $y$  découlant d'une variation de 100 pour cent de  $x$  (modèle semi-log).

- ❑ *GPI* est un indice du prix des carburants (2005=100)<sup>35</sup> ;
- ❑ *GDPPC* donne le produit national brut par personne ;
- ❑ *Urban* représente le pourcentage de la population vivant dans les zones dites urbaines;
- ❑  $\alpha_i$ ,  $\beta_i$  et  $\gamma_i$  sont des coefficients (*variables binaires*) spécifiques à chaque pays (ou chaque province dans le cas de Barla et coll., 2009), alors que  $\varepsilon$  représente les termes d'erreur.

Dans la présente étude, nous conservons les trois mêmes variables dépendantes (*KA*, *SA* et *CR*). Celles-ci s'avèrent d'autant plus pertinentes qu'elles sont aussi considérées par Schipper et coll. (2000) comme les principaux facteurs explicatifs des émissions de GES du secteur des transports routiers.

Plusieurs variables indépendantes sont toutefois remplacées ou ajoutées. Par exemple, Barla et coll. (2009) utilisent les variables *PVI* et *GPI* qui sont des indices de prix (avec 2005 = 100). Nous avons préféré remplacer la variable *GPI* par le coût des carburants (*FP*) - en \$US de 2005 - ce qui permet de considérer les effets prix entre pays. Étant donné les données disponibles, nous avons toutefois dû conserver un indice de prix pour le prix de vente moyen des véhicules (*PVI*) tout comme pour les tarifs de transports collectifs (*TPI*).

La banque de données contient donc plus de 12 000 données, pour 37 pays, dont la majorité des pays développées (tableau 2.1)<sup>36</sup>. Dépendant des pays considérés, les variables disponibles couvrent des périodes allant jusqu'à 21 ans (1990-2010)<sup>37</sup>.

---

<sup>35</sup> Barla et coll. (2009) ne considéraient que le prix de l'essence. Nous prenons un indice combinant les prix de l'essence et du diesel, pondérés en fonction de leur part de marché respective.

<sup>36</sup> Grâce à la qualité des données d'*eurostats* nous avons pu inclure plusieurs pays est-européens en plus des pays de l'OCDE. Nous avons également ajouté Singapour, pays reconnu pour des politiques particulières en matière de transports.

<sup>37</sup> Les données s'avèrent problématiques pour la période avant 1990, notamment pour les anciens pays d'Europe de l'Est.

**Tableau 2.1**  
Liste des pays étudiés

1. Australie	11. Allemagne	21. Luxembourg	31. Slovénie
2. Autriche	12. Grèce	22. Mexique	32. Espagne
3. Belgique	13. Hongrie	23. Pays-Bas	33. Suède
4. Bulgarie	14. Islande	24. Nouvelle-Zélande	34. Suisse
5. Canada	15. Irlande	25. Norvège	35. Turquie
6. République tchèque	16. Italie	26. Pologne	36. Royaume-Uni
7. Danemark	17. Japon	27. Portugal	37. États-Unis
8. Estonie	18. Corée du Sud	28. Roumanie	
9. Finlande	19. Lettonie	29. Singapour	
10. France	20. Lituanie	30. République slovaque	

Le tableau 2.2 présente la liste complète des variables utilisées dans l'une ou l'autre des trois séries de régressions réalisées, ainsi que les relations anticipées et les principales sources de données. Le tableau 2.3 donne le sommaire statistique des variables considérées. Notons que certaines ne sont disponibles que pour une période relativement récente (*e.g.* : taxes sur les automobiles neuves, frais de stationnement), alors qu'une ne l'est que pour des données couvrant le début de la période étudiée (nombre d'espaces de stationnement). Dans certains cas (notamment la cylindrée moyenne) les données de plusieurs pays sont manquantes<sup>38</sup>. Certaines variables ne peuvent donc pas être utilisées simultanément.

---

<sup>38</sup> Lorsque des données manquaient à l'intérieure d'une série, celles-ci ont été estimées par extrapolation linéaire.



Tableau 2.2

Liste des variables et relations anticipées

Description des variables	Abré- viation	Relations anticipées (et en-dessous les résultats obtenus si ceux-ci diffèrent) Variables dépendantes KA CR SA			Sources des données
Caractéristiques des véhicules et de leur utilisation :					Banque mondiale et Eurostat, sites nationaux (ministère des Transports)
<input type="checkbox"/> Taux de possession de véhicules pour cent adultes : *	SA	+	s.o.	+	
<input type="checkbox"/> Kilométrage parcouru annuellement par adulte*	KA	+	? (+)	+	Banque mondiale, ministères des Transports
<input type="checkbox"/> Consommation unitaire des parcs de véhicules par km parcouru (équivalent des émissions de GES)*	CR	-	+	-	Banque mondiale, ministères des Transports
<input type="checkbox"/> Cylindrée moyenne (en centimètres cubes) des véhicules neufs achetés	CC	? (+)	s.o.	s.o.	Eurostat, sites nationaux (ministères des Transports) Les données sont manquantes pour la moitié des pays.
Indicateurs reliés aux coûts d'acquisition :					Eurostat, sites nationaux de statistiques (StatCanada, etc.)
<input type="checkbox"/> Indice des prix pour l'acquisition de véhicules* (2005=100)	PVI	s.o.	s.o.	-	
<input type="checkbox"/> Taxes sur les automobiles neuves de 13 000 \$	TNV_13k	s.o.	+	-	International transport forum (OCDE). Les données ne sont disponibles toutefois que pour la période 2004-2010.
<input type="checkbox"/> Taxes sur les automobiles neuves de 97 000 \$	TNV_97k	s.o.	-	+	
<input type="checkbox"/> Écart de taxes entre ces deux types de véhicules	VAR_TNV	s.o.	-	+	
Indicateurs reliés aux coûts d'utilisation des véhicules :					IEA (Energy Prices and Taxes, 1998-2014) Eurostat, sites nationaux de statistiques.
<input type="checkbox"/> Prix des carburants (essence et diesel), pondéré selon leur consommation respective (\$ US 2005)	FP	- (pas sign.)	-	-	
<input type="checkbox"/> Frais fixes (frais d'immatriculation pour un camion, par jour)	FC	- (+)	- (+)	- (+)	International Transport Forum (OCDE), site web

Description des variables (suite)	Abré- viation	Relations anticipées (et en-dessous les résultats obtenus si ceux-ci diffèrent) Variables dépendantes KA CR SA			Sources des données
<input type="checkbox"/> Frais variables pour un camion (taxes sur le diesel, taxes kilométriques et péages, \$ US2005/jr)	VC	?	?	s.o. (Pas sign. Pas sign. s.o.)	Ibid
<input type="checkbox"/> Frais mensuels de stationnement dans les principaux centres-villes (\$ US 2005)	PM	-	s.o.	- (+)	Collier international. Les données ne sont disponibles toutefois que pour certains territoires et pour la période 2000- 2010.
<input type="checkbox"/> Nombre d'espaces de stationnement pour 1000 travailleurs dans le centre-ville	Parking	+	s.o.	+	Newman et Kenworthy.  Les données ne sont disponibles toutefois que pour certains territoires et pour la période 1990- 2000.
<input type="checkbox"/> Part des écotaxes dans le PIB (%)	ECOTAX	- (+)	- (+)	- (pas sign.)	OCDE et Eurostat
Variables associées au choix modal <input type="checkbox"/> Part des transports collectifs et actifs	TA	-	s.o.	-	Eurostat, sites nationaux des ministères des Transports
<input type="checkbox"/> Indice des prix pour les transports collectifs (2005 = 100)	TPI	-	s.o.	+	Eurostat, sites nationaux de statistiques
Variables socioéconomiques et démographiques : <input type="checkbox"/> Proportion de la population dite urbaine*	URBAN	?	-	?	Banque mondiale
<input type="checkbox"/> Produit national brut <i>per capita</i> *	GDPPC	+	+	+	Banque mondiale
<input type="checkbox"/> Taux de chômage (% de la population active)	Unemploy ment	s.o.	s.o.	-	Banque mondiale

\* Variables présentes dans le modèle de Barla et coll. (2009).

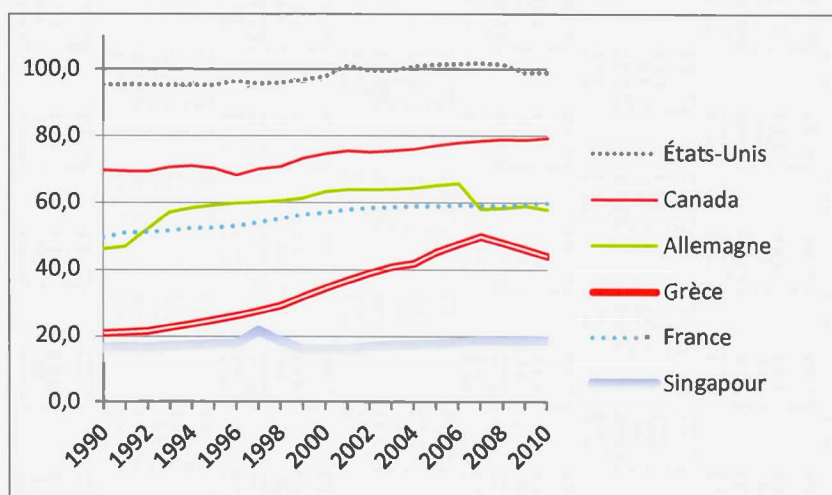
**Tableau 2.3**  
Statistiques sommaires

Variable	Obs	Moy.	Écart-type	Min	Max
Taux de possession de véhicules (pour 100 adultes)	763	48,3	20,4	5,0	101,8
Kilométrage parcouru annuellement par adulte	747	10 221	5 602	388	23 544
Consommation unitaire en litres aux 100 km	714	15,0	9,9	6,7	63,3
Cylindrée moyenne (en centimètres cubes) des véhicules neufs achetés	409	1 776	395	1 244	3 474
Indice des prix pour l'acquisition de véhicules	694	97,5	16,9	4,3	188,6
Taxes sur les automobiles neuves de 13 000 \$	226	5 633	7 230	988	44 454
Taxes sur les automobiles neuves de 97 000 \$	226	38 910	38 839	7 460	229 944
Écart de taxes entre ces deux types de véhicules	226	33 277	36 352	2 388	210 000
Le prix des carburants (\$/100 l)	715	93,5	38,5	17,2	205,6
Frais fixes	297	7,0	4,4	0,2	25,0
Frais variables	565	83	67	4	568
Frais mensuels de stationnement	192	330,9	202,9	31,3	1288,4
Espaces de stationnement pour 1000 travailleurs	334	236	145	29	598
Part des écotaxes dans le PIB	600	2,4	0,7	0,2	5,2
Part des transports collectifs et actifs	700	22,2	14,0	4,2	88,1
Indice des prix pour les transports collectifs (2005 = 100)	674	87	27	3	226
Proportion de la population dite urbaine (%)	777	73,8	11,9	47,9	100,0
Produit national brut <i>per capita</i>	760	15 029	9 537	1 148	43 330
Taux de chômage (%)	743	7,6	4,0	0,6	23,9

Nous décrivons, dans les prochaines sections, chacune des variables dépendantes étudiées. Nous présentons ensuite les variables indépendantes.

## 2.2.2 Stock de véhicules par adulte (SA)

Nous commençons par dégager quelques tendances concernant notre première variable dépendante, soit le stock de véhicules (pour 100 adultes). Nous présentons d'abord les données observées pour six pays, lesquelles permettent d'illustrer quelques-unes des grandes tendances constatées parmi les 37 pays considérés dans notre étude (figure 2.1).



**Figure 2.1** Stocks de véhicules pour cent adultes

Parmi les pays illustrés, les États-Unis se démarquent par les plus hauts taux de possession de véhicules, suivi du Canada, du Japon, de la France, de la Grèce et de Singapour. Le Japon affiche des taux de possession plus élevés que ceux de plusieurs pays européens, alors que les distances parcourues y sont toutefois moins élevées. Dans plusieurs pays, notamment ceux du sud de l'Europe et de l'ancien bloc de l'Est, la croissance du parc automobile s'est avérée particulièrement importante au cours des deux dernières décennies. Cette tendance est parfaitement illustrée ici par le cas de la Grèce. Les taux de possession ont toutefois chuté récemment en Grèce, dans la foulée de la crise économique, alors qu'ils ont subi un rebond en France, suite à l'introduction du système de bonus malus en janvier 2008. Singapour fait figure d'exception avec des taux de possession qui demeurent exceptionnellement bas. C'est



le pays qui impose les taxes les plus élevées à l'achat de nouveaux véhicules, au moyen de son système de quotas avec ventes aux enchères des plaques d'immatriculation, appelé *Vehicle quota system (VQS)* (Koh, 2004; Hans, 2009).

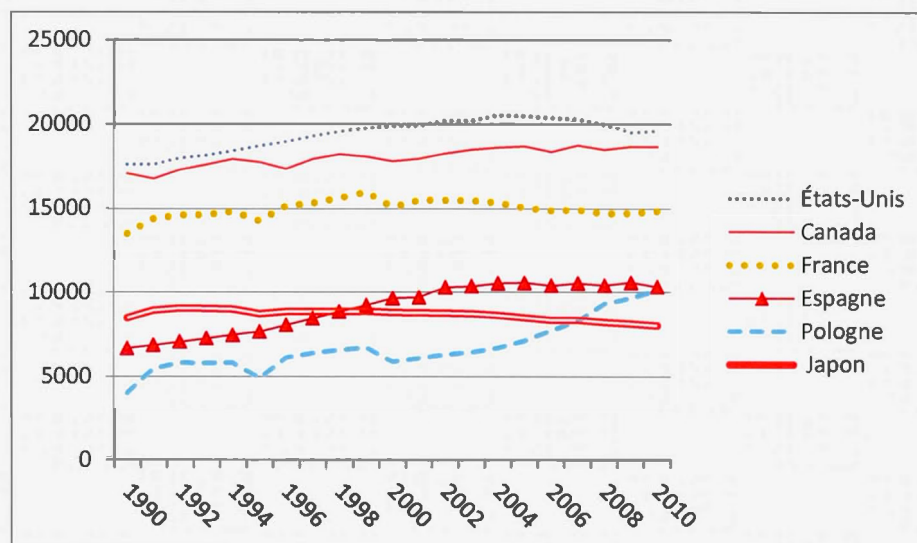
### **2.2.3 Kilométrage parcouru par adulte (KA)**

Le kilométrage parcouru par adulte, tout mode de transport terrestre confondu, est la deuxième variable dépendante analysée. Nous présentons d'abord les données observées pour six pays, lesquels représentent bien la diversité des tendances constatées (figure 2.2).

Sur les six pays illustrés, les États-Unis occupent la première place en ce qui a trait au kilométrage parcouru *per capita*, suivi du Canada. La distance parcourue par les Américains s'avère toutefois en déclin depuis son sommet en 2004, alors qu'elle continue sa pente ascendante chez les Canadiens. Après plusieurs fluctuations, les distances parcourues sont sur une pente descendante dans plusieurs autres pays industrialisés (ici, dans le cas de la France et du Japon).

L'Espagne illustre le cas des pays du sud de l'Europe ainsi que des anciens pays du bloc de l'Est, caractérisés par une croissance marquée des distances parcourues par leurs citoyens. Celles-ci demeurent toutefois largement inférieures à celles des autres pays européens (illustrés ici par le cas de la France).



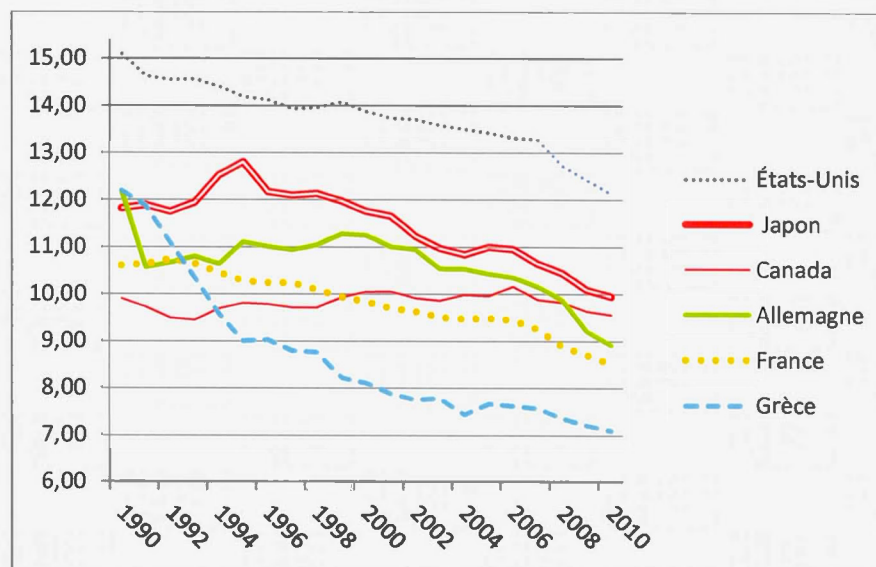


**Figure 2.2** Distances parcourues annuellement par adulte en km (KA)

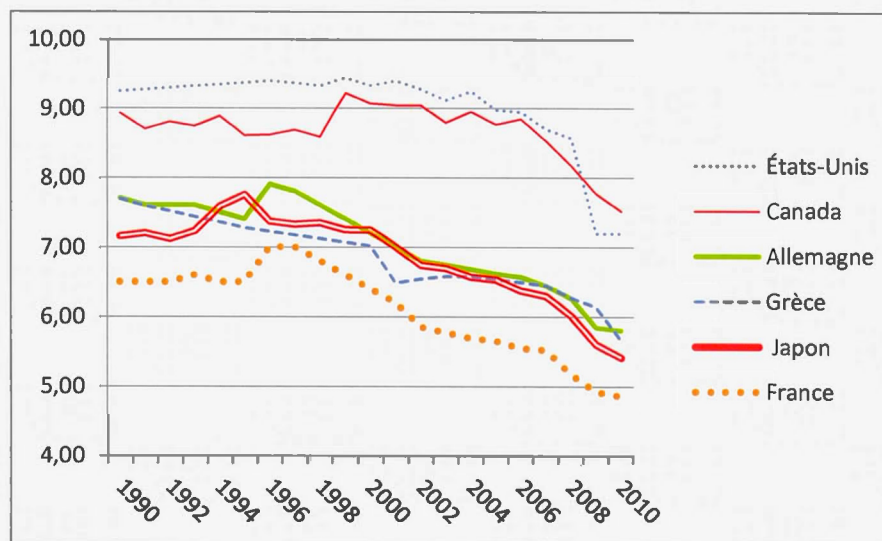
#### 2.2.4 La consommation moyenne du parc de véhicules (CR)

Le niveau moyen de consommation unitaire de l'ensemble du parc – tous types de véhicules confondus – constitue notre troisième variable dépendante. Nous présentons d'abord les données observées pour six pays, lesquels représentent bien la diversité des tendances constatées (figure 2.3). Nous les comparons ensuite avec les données de l'efficacité énergétique des véhicules automobiles neufs (figure 2.4).

La tendance présente manifestement une amélioration de l'efficacité énergétique, autant lorsque l'on considère l'évolution de celle-ci pour l'ensemble du parc de véhicules, tous types confondus (CR), que celle des véhicules automobiles neufs vendus annuellement. Les États-Unis, suivi du Canada, ont affiché généralement des niveaux particulièrement faibles d'efficacité énergétique de leurs parcs de véhicules. .



**Figure 2.3** Niveaux de consommation unitaire par véhicule, moyenne du parc (CR) en litres aux 100 km



**Figure 2.4** Niveaux de consommation unitaire par véhicule, véhicules neufs en litres aux 100 km

Les taux de consommation unitaire européens et asiatiques s'avèrent largement inférieurs à ceux de l'Amérique du Nord, certains pays se démarquant toutefois (ici, la France, avec son bonus malus implanté en 2008). La baisse des niveaux de consommation unitaire de la Grèce pourrait possiblement s'expliquer en partie par une chute de l'utilisation des transports collectifs au profit de l'automobile, alors que pour les autres pays illustrés ici, les taux d'utilisation de ces derniers ont généralement été à la hausse au cours des dernières années.

Afin de simplifier nos modélisations, nous n'avons toutefois retenu que les taux de consommations moyens pour l'ensemble du parc (*CR*). Nous passons maintenant au choix des variables indépendantes.

## 2.2.5 Choix des variables indépendantes

### 2.2.5.1 Variables reliées aux coûts d'utilisation des véhicules

Si nous nous basons sur les variables indépendantes utilisées par Barla et coll. (2009), celles-ci peuvent être complétées par l'ajout de variables exogènes. De plus, il est possible d'en substituer certaines par d'autres, afin de refléter les enjeux spécifiques que nous souhaitons étudier. Ainsi, le coût par kilomètre utilisé par Barla et coll. (2009) dans les équations (1) et (2) peut être désagrégué en distinguant la consommation moyenne en litres aux 100 kilomètres pour l'ensemble des parcs de véhicules (*CR*) et le prix des carburants (*FP*).

À l'instar d'Hirota et Poot (2005), plutôt que d'utiliser un indice de prix de l'essence (*GPI*) comme le font Barla et coll. (2009), nous distinguons différents prix qui sont susceptibles d'influer sur les choix des consommateurs, que ce soit lors de l'acquisition ou de l'utilisation des véhicules. Nous prenons ainsi le prix du carburant (*FP*) lequel est une moyenne des prix de l'essence et du diesel, incluant les taxes, pondérée selon leur niveau de consommation respectif. Nous considérons également une estimation des frais fixes d'immatriculation (*FC*) et des coûts variables (*VC*) auxquels fait face le secteur du camionnage. Tous ces coûts sont exprimés en dollars américains de 2005.

Nous pouvons raisonnablement supposer que les pays qui imposent des frais d'immatriculation plus élevés pour les camionneurs risquent d'avoir une approche similaire

envers les automobilistes. Le coût variable (*VC*) considéré ici combine les taxes sur le diesel et les taxes kilométriques en vigueur dans plusieurs pays (mais exclusivement pour le camionnage) ainsi qu'une approximation de l'impact de certains péages en vigueur (lesquels touchent aussi les automobiles).

### 2.2.5.2 Variables reliées aux coûts d'acquisition des véhicules

Barla et coll. (2009) utilisent l'indice du prix de vente moyen des véhicules (*PVT*) afin de tenir compte des coûts d'acquisition sur l'évolution de leurs stocks. Cette variable ne permet toutefois pas de mesurer l'impact de politiques qui accorderaient un traitement fiscal préférentiel à certaines catégories de véhicules au détriment d'autres. L'OCDE procède depuis quelques années à une évaluation des taxes appliquées dans de nombreux pays pour des véhicules représentatifs, correspondant à différentes catégories de véhicules. Pour le présent exercice, nous en avons retenu deux : les petites voitures d'entrée de gamme vendues à 13 000\$ et les modèles de luxe offerts à 97 000\$<sup>39</sup>.

En nous basant sur ces données, nous pouvons supposer qu'une baisse des niveaux de taxation des petits véhicules (taxe sur les nouveaux véhicules de 13 000 \$, *TNV\_13k*) devrait contribuer à accroître leur part de marché, ce qui améliorerait l'efficacité énergétique moyenne du parc de véhicules. En augmentant l'accessibilité des véhicules d'entrée de gamme, cette baisse de taxes risque toutefois de hausser les ventes totales de véhicules. Nous testons ces hypothèses en évaluant l'incidence des taxes imposées pour les petits véhicules (*TNV\_13k*) sur l'efficacité énergétique moyenne du parc ainsi que sur le stock de véhicules. Un autre indicateur utilisé représente l'écart de taxation entre les véhicules vendus 13 000 \$ et ceux vendus 97 000 \$ (*VAR\_TNV*), ainsi que l'impact des taxes appliquées sur les véhicules de luxe (taxe sur les nouveaux véhicules de 97 000 \$, *TNV\_97k*). Ces indicateurs permettent de refléter l'impact de politiques qui s'inscrivent dans la philosophie du bonus malus. Un accroissement de l'écart entre le niveau de taxes appliquées à l'achat des petites voitures et des véhicules de luxe démontrerait que le changement dans les niveaux de

---

<sup>39</sup> L'OCDE ne considère que 4 catégories de véhicules, dont 2 représentent des véhicules moyens. Une seule catégorie donne une bonne approximation des petits véhicules d'entrée de gamme et une seule autre permet de refléter le marché des véhicules de luxe. Ce sont les deux indicateurs que nous avons retenus.

taxation des véhicules d'entrée de gamme s'inscrit dans une politique de taxation différenciée. Une hausse de cet écart devrait stimuler les ventes totales de véhicules tout en encourageant l'acquisition de véhicules plus efficaces. Une hausse des niveaux de taxation des véhicules de luxe devrait favoriser également l'achat de véhicules plus efficaces, mais ne devrait avoir aucun impact sur le nombre de véhicules vendus.

### **2.2.5.3 Offre et tarification des stationnements**

Considérant l'importance de l'enjeu du stationnement, démontré notamment par Shoup (2005), nous prenons en compte l'impact du nombre de stationnements disponibles dans le centre-ville pour 1000 employés pour les principales agglomérations (*Parking*). Nous ajoutons également comme variable le coût mensuel moyen des espaces de stationnement au centre-ville pour les principales villes des pays considérés (*PM*). Une baisse de l'offre ainsi qu'une hausse des tarifs des espaces de stationnement sont toutes deux susceptibles de favoriser un transfert modal vers les transports collectifs – ce qui réduirait les taux de possession ainsi que l'usage de l'automobile. Par contre, ces actions pourraient également inciter certains consommateurs à éviter les centres-villes, ce qui pourrait induire une hausse de l'utilisation des véhicules.

### **2.2.5.4 Part modale et tarification des transports collectifs**

Si l'offre de stationnement est un complément à l'automobile, les modes de transports collectifs et actifs (*TA*) en sont les substituts. Nous anticipons qu'une hausse des taux d'utilisation de ceux-ci (*TA*) devrait induire une baisse du nombre de véhicules (*SA*), tout en contribuant à un mode de vie associé à une baisse du kilométrage parcouru par adulte (*KA*), tous modes de transport confondus. Les mêmes impacts sont attendus d'une baisse de l'indice de tarifs de transports collectifs (*TPI*).

### **2.2.5.5 Part des taxes environnementales**

L'OCDE fournit la portion d'écotaxes (*ECOTAX*) relativement au PIB de chaque pays. Toutefois, cet indicateur ne s'avère pas exhaustif. Notons d'abord qu'il inclut d'autres secteurs tels que les déchets et l'énergie. Dans le secteur des transports, il tient



particulièrement compte des frais fixes d'immatriculation, tout en omettant de nombreux frais variables. On devrait néanmoins s'attendre à ce qu'une hausse moyenne de l'utilisation des écotaxes qui y sont comptabilisées doive être associée à une réduction du kilométrage parcouru et des stocks de véhicules, ainsi qu'à une amélioration de leur efficacité énergétique. Dans le cas contraire, cela viendrait valider l'hypothèse que certaines taxes environnementales sembleraient mal configurées, du moins dans le secteur des transports routiers. Cette dernière hypothèse serait également confirmée si une hausse des frais fixes (*FC*) était associée à une augmentation des niveaux unitaires de consommation des véhicules ainsi qu'à une croissance du parc de véhicules et du kilométrage parcouru (à l'opposé de ce qui est attendu d'une hausse du prix du carburant). À cet égard, l'indicateur *ECOTAX* constitue aussi un excellent indicateur de la cohérence des politiques fiscales avec les objectifs environnementaux.

L'indicateur utilisé pour mesurer les frais variables (*VC*) doit être considéré avec certaines réserves. En effet, bien qu'il tienne aussi compte de certains péages qui concernent tous les usagers de la route, il comptabilise certaines taxes ne touchant que le secteur du camionnage, plus particulièrement les taxes kilométriques adoptées dans plusieurs pays européens. En taxant le kilométrage parcouru, indépendamment de la taille des véhicules (à l'exception de la taxe kilométrique helvète qui est mesurée en termes de tonnes par kilomètre parcouru<sup>40</sup>), la taxe kilométrique et les péages pourraient inciter l'industrie du camionnage à opter pour de plus gros camions (donc à hausser *CR*). En contrepartie, ces dernières mesures réduiraient le nombre de camions sur les routes, ce qui diminuerait les niveaux de congestion subis par les automobilistes. Cela entraînerait ainsi une hausse de l'utilisation de la voiture particulière ainsi que du kilométrage parcouru par adulte (*KA*). Ces hypothèses pourront également être testées.

#### 2.2.5.6 Variables de contrôle

Finalement, à l'instar de Barla et coll. (2009), nous conservons comme variables sociodémographiques le *PIB per capita* (*GDPPC*) ainsi que la proportion de la population

---

<sup>40</sup> Krebs and Balmer (2012).

vivant en zone considérée urbaine (*URBAN*)<sup>41</sup>. Nous ajoutons toutefois le taux de chômage (*UNEMPLOYMENT*) comme variable explicative du stock de véhicules (*SA*). Les relations suivantes sont anticipées : une hausse du PIB par personne devrait être associée à l'accroissement des distances parcourues, des ventes automobiles et de la taille moyenne des véhicules. Il est aussi prévu qu'une baisse du taux de chômage serait susceptible d'être reliée à des hausses du stock de véhicules.

### 2.3 Modélisation

Pour chaque régression effectuée, la variable dépendante et les variables explicatives sont mises sous forme de logarithmes naturels, sauf dans les cas où celles-ci sont exprimées en pourcentages. Ce type de modèle, appelé log-log, a l'avantage de permettre la production de coefficients avec une bonne approximation de l'élasticité de  $Y$  par rapport à  $X$  (Wassmer, 2008).

Les équations utilisées dans les estimations sont donc sous la forme :

$$(4) \quad \ln(Y_{it}) = \alpha + \beta \ln(X_{it}) + \varepsilon_{it} \text{ où}$$

$Y$  = Variable dépendante (respectivement *SA*, *KA* et *CR*);

$X$  = Variables indépendantes;

$\alpha$  = constante;

$\beta$  = coefficient de régression;

$\varepsilon$  = terme d'erreur;

$i$  = pays (1 à 37);

$t$  = périodes (1 à 21) (1990-2010).

Nous décrivons maintenant les spécifications empiriques des modélisations effectuées.

---

<sup>41</sup> Il serait intéressant, dans des recherches futures, de considérer la densité urbaine, ou toute autre variable permettant de mesurer véritablement l'étalement urbain, ce que nous n'avons pu faire ici faute de données.

### 2.3.1 Moindres carrés généralisés, effets fixes et aléatoires, 2SLS

Plusieurs méthodes d'estimation peuvent être utilisées dans le cadre d'une régression de panel. Dans cette étude, nous en privilégions trois : les moindres carrés généralisés (MCG), les MCG avec effets fixes et les MCG avec effets aléatoires. Le choix de l'une ou l'autre de ces méthodes dépend d'abord de la présence ou non d'effets individuels dans nos données. Le test du multiplicateur de Lagrange de Breush-Pagan permet d'étudier le choix de la méthode d'estimation appropriée. Sous l'hypothèse nulle  $H_0 : \mu_i = 0$  dans la régression où  $\mu_i$  traduit les effets individuels, le test vérifie qu'il y a une ordonnée à l'origine commune, et donc aucun effet individuel. Si nous confirmons l'hypothèse nulle, il est alors suggéré d'utiliser la méthode MCG<sup>42</sup>.

En présence d'effets individuels (ici associés aux pays), il faut alors considérer l'ajout d'effets fixes (*fixed effects*, *FE*) ou aléatoires (*random effect*, *RE*). Les effets fixes sont équivalents à ajouter des variables dichotomiques qui tiennent compte des particularités des pays considérés. Notons donc qu'avec cette méthode, nous perdons  $N-1$  degré de liberté, ce qui peut rendre l'estimation des coefficients de régression moins efficiente. Pour ce qui est des effets aléatoires, nous supposons que les effets individuels suivent une loi normale :  $\mu_i \sim N(0, \sigma^2)$ . Nous considérons alors que l'erreur du modèle est composée de l'erreur usuelle spécifique à une observation  $i$ , à la période  $t$  et de l'erreur provenant de l'ordonnée aléatoire. C'est pourquoi un modèle avec effets aléatoires (*RE*) donnera des estimations plus justes et qu'il est donc préférable de l'utiliser, si possible (il suppose l'absence de corrélation entre les effets individuels et les variables explicatives incluses dans le modèle).

Le choix de l'une ou l'autre de ces méthodes peut être fait grâce à un test d'Hausman. Ce test vérifie l'hypothèse nulle que les coefficients estimés par les effets aléatoires sont les mêmes que ceux estimés par les effets fixes. Si l'hypothèse est confirmée, il est alors préférable d'utiliser un modèle avec effets aléatoires<sup>43</sup>. Le test du multiplicateur de Lagrange (ou de

---

<sup>42</sup> Voir Wooldridge (2002), chapitre 10, pour une discussion plus détaillée.

<sup>43</sup> Dans le logiciel STATA 11, nous avons appliqué, lorsque faisable, l'option *robust* afin de corriger les problèmes potentiels d'hétéroscédasticité et d'autocorrélation des résidus.

Breusch-Pagan) permet de décider si une régression avec effets aléatoires s'avère préférable à des régressions par moindres carrés ordinaires (MCO) ou par moindres carrés généralisés (MCG) sans tenir compte d'effets individuels<sup>44</sup>.

L'utilisation de l'effet fixe (*FE*) conduit toutefois à un autre problème lié à l'inclusion de variables dépendantes avec un retard (*lag-dependant*) en tant que variables explicatives. Il est reconnu toutefois que les méthodes d'estimation habituelles telles que l'effet fixe ou l'estimateur du moindre carré ordinaire (*least-square dummy variables estimator*) peut induire des biais dans l'estimation de la variable dépendante avec retard. Une solution, utilisée par Barla et coll. (2009) implique de traiter ces variables décalées (*lagged variables*) comme endogènes et les instrumenter avec les autres variables endogènes contenus dans le modèle. Le modèle peut alors être estimé en utilisant un estimateur des moindres carrés en deux étapes avec, par exemple, un effet fixe (donc ici *FE-2SLS*), méthode que nous avons également utilisée.

Plusieurs défis économétriques sont donc posés par l'estimation des paramètres du système. Du fait que les données disponibles pour l'une ou l'autre des variables ne se recoupent pas toujours, l'utilisation d'un trop grand nombre de variables dans une même régression peut réduire la taille du panel en-deçà d'un seuil significatif. Nos simulations tentent d'utiliser les variables avec parcimonie dans chacune des sous-équations utilisées.

### 2.3.2 Problème d'endogénéité

Dans le cadre de nos modèles (voir les tableaux 2.3, 2.4 et 2.5), il semble généralement peu probable que les liens de causalité soient renversés entre les variables dépendantes et indépendantes. Il est ainsi beaucoup plus logique de s'attendre à ce que le prix moyen des véhicules (*PVT*) ou les niveaux de taxation sur certains types de véhicules (*TNV\_13k\$* et *TNV-97k\$*) influencent les décisions liées à l'achat de véhicules, donc les stocks de véhicules (*SA*) ou l'efficacité énergétique de ceux-ci (*CR*), que d'anticiper l'inverse.

---

<sup>44</sup> Voir aussi Torres-Reyna, O. (N. D.) *Panel Data Analysis, Fixed & Random Effects*, Princeton University (ppt). Ajoutons qu'un test final sur Stata (utilisant la commande *xttest3*) permet de tester l'hétéroscédasticité.

Prenons le cas d'une de nos principales variables, soit le prix des carburants. Nous n'excluons pas que des changements importants dans la demande puissent éventuellement influencer sur le prix. Cela supposerait toutefois que non seulement les trois variables dépendantes (kilométrage parcouru, stocks de véhicules ainsi que leur efficacité énergétique) évoluent considérablement afin de favoriser cette baisse de la demande, mais également que les autres secteurs responsables de celle-ci contribuent à cette même tendance. S'il n'est pas impossible d'envisager une telle hypothèse à l'avenir, étant donné les changements de comportements, nous nous permettons de considérer que les choix locaux en matière de transports auraient eu vraisemblablement peu d'impacts sur le prix du pétrole au cours des deux décennies sur lesquelles portent nos données.

Il est probable que le taux de chômage et le PIB aient davantage contribué, jusqu'à présent, à influencer l'acquisition de véhicules ou leur utilisation que l'inverse. Toutefois, avec la hausse des cours du pétrole, nous n'excluons pas qu'une relation opposée puisse commencer à prendre forme (les nations plus dépendantes de l'automobile tendraient à importer davantage de pétrole, ce qui nuirait à leur économie).

Notons ensuite que, à l'instar des modélisations effectuées par Barla et coll. (2009), une des trois variables dépendantes peut devenir une variable indépendante pour les autres. En d'autres termes, le lien de causalité peut être parfois renversé. Il est ainsi logique de considérer qu'une hausse des distances parcourues tend à favoriser l'acquisition de plus de véhicules, tout comme une augmentation des taux de possession de véhicules devrait contribuer à en favoriser l'utilisation.

### **2.3.3 Le choix des variables dans les différentes simulations**

Nous nous sommes basés fondamentalement sur les trois équations décrites précédemment (1, 2 et 3) afin de conduire nos séries de régressions, en y apportant toutefois quelques modifications (décrites dans la section 2.2.5). Ainsi, le coût par kilomètre est remplacé par deux variables, le prix d'un litre de carburant et la consommation moyenne du parc de véhicule. Plutôt que de nous limiter à un indice moyen du prix des véhicules, nous considérons aussi les taxes applicables sur les véhicules d'entrée de gamme, ainsi que



d'autres indicateurs permettant de distinguer des variations dans les frais fixes ainsi que dans les frais variables.

Afin de minimiser des problèmes éventuels de multicollinéarité, nous avons évité de considérer simultanément, dans les régressions, des variables indépendantes présentant des taux de corrélations supérieurs à 0,70. Plusieurs sous-équations ont également été utilisées pour tester en alternance certaines variables pour lesquelles les données disponibles différaient suffisamment entre elles pour nuire significativement à la taille de l'échantillon résultant.

Ces contraintes rendent inapplicable l'approche « standard » consistant à effectuer une régression avec l'ensemble des variables présentes dans l'équation proposée (Alain, 2004). Nous avons utilisé la méthode dite « hiérarchique », en séparant notre modèle en sous-modèles (en fonction des niveaux de corrélation entre les variables, tout en tenant compte de la compatibilité des données disponibles), puis en évaluant si l'ajout ou le retrait de variables permet d'accroître significativement le pourcentage de variance expliquée de la variable dépendante. Nous présentons maintenant quelques tendances constatées pour chacune des trois variables dépendantes considérées, puis les principaux résultats obtenus pour l'ensemble des séries de simulations effectuées.

## 2.4. Résultats obtenus

### 2.4.1 Kilométrage parcouru par adulte (KA)

Dans la première série de régressions, la variable indépendante est le kilométrage parcouru par adulte, tous modes de transports confondus (l'équation 5 intègre l'ensemble des variables considérées). Nos résultats pour six régressions sont ensuite présentés au tableau 2.4.

$$5) \ln(KA_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(KA_{it-1}) [\text{ou } \ln(SA_{it}) \text{ ou } TA_{it}] + \beta_2 \ln(Parking_{it}) [\text{ou } \ln(CC_{it})] + \beta_3 \ln(TPI_{it}) + \beta_4 \ln(CR_{it}) + \beta_5 \ln(FP_{it}) + \beta_6 \ln(VC_{it}) + \beta_7 \ln(FC_{it}) + \beta_8 \ln(PM_{it}) + \beta_9 Ecotax_{it} + \beta_{10} \ln(GDPPC_{it}) + \beta_{11} Urban_{it} + \beta_{12} Trend_t + \beta_i + \varepsilon_{i, it}$$

**Tableau 2.4**  
Variable dépendante : kilométrage parcouru par adulte (*KA*)

	1	2	3	4	5	6
Effets fixes ou aléatoires	i.year, fe robust	i.year, fe	re robust	i.year, fe	re robust	2SLS fe
$KA_{i,t-1}$						0.519***
SA	0.332**	0.299***				
TA				-0.00104	-0.0114**	
TPI		-0.191***		-0.244**	-0.251	
Parking				0.0193		
PM			-0.176*			
CC			0.231*			-0.0222
CR	-0.718***	-0.675***	0.0223	-0.318***	-0.684***	0.0619
FP	0.00522	0.107		0.0545	-0.0441	0.00718
$FP_{i,t-1}$			0.0133			
VC				-0.0389		
FC						0.0204*
Ecotax		-0.00693	0.0907***	0.158***	0.0101	0.0429***
Urban	-0.0124	-0.00372	0.00878*	0.0193	-0.00966	-0.00277
GDPPC	0.844*	1.043***	0.375**	0.392**	0.790***	0.110
cons	2.686	0.567	3.998**	5.486**	5.573***	3.523***
N	662	570	108	236	558	195
R <sup>2</sup>	0,507	0,498	0,422	0,301	0,468	0,393
R <sup>2</sup> global	0,550	0,607	0,382	0,437	0,618	0,785
		F(27,509) = 18.67	Wald	F(29,182) = 2.71	Wald	Wald
Tests de Fisher ou de Wald	F(25,36) = 21,31	F(33, 509) = 53.25	chi2(7) = 14.55	F(24, 182) = 51.11	chi2(7) = 49.29	chi2(8) = 1.73e+07

Les erreurs types: \* p<0.10, \*\*p <0.05, \*\*\* p<0.01.

Tel qu'attendue, une hausse des taux de possession de véhicules (*SA*) et du PIB *per capita* (*GDPPC*) sont associées à une croissance des distances parcourues (*KA*). Dans les résultats présentés ici, une hausse de 10 % du nombre de véhicules induirait une augmentation de 3,0 à 3,3 % des distances parcourues par adulte.

Dans les résultats de Barla et coll. (2009), une hausse du coût par kilomètre parcouru (*PKM*) entraîne une baisse des distances parcourues (*KA*). Nous avons séparé cette variable – *PKM* – en ses deux composantes, le prix des carburants (*FP*) et la consommation moyenne par kilomètre des parcs de véhicules (*CR*). Dans le présent cas, cette dernière variable absorbe complètement l'impact attribuable au coût par kilomètre (la consommation moyenne par kilomètre s'avère négativement corrélée avec le kilométrage parcouru, alors que le prix des carburants n'a pas, ici, d'impact significatif). Une hausse de 10 % des niveaux moyens de consommation des véhicules induirait une augmentation de 3,2 à 7,2 % du kilométrage parcouru.

Les frais variables imposés au secteur du camionnage (*VC*) auraient pu induire une hausse du kilométrage parcouru du côté des déplacements de passagers. Il aurait alors été possible d'expliquer cette tendance par l'effet de la taxe kilométrique incluse dans la mesure. Cette taxe est susceptible de réduire le nombre de camions, entraînant une baisse de la congestion, ce qui donnerait un attrait additionnel à l'usage de l'automobile. Les frais variables (*VC*) incluent toutefois également la taxe sur le diesel et certains péages urbains. On peut ainsi présumer que les automobilistes sont touchés par des taxes d'ampleur proportionnelle, ce qui inciterait à réduire l'utilisation de l'ensemble des véhicules. Aucune de ces tendances ne semble dominer ici.

On aurait pu s'attendre à ce que l'imposition de taxes associées à la possession des véhicules (comme une hausse des frais d'immatriculation) puisse entraîner une moins grande utilisation de ces derniers. Nos résultats infirment cette hypothèse. Les hausses des frais fixes (*FC* - frais d'immatriculation du secteur du camionnage) seraient, au contraire, associées à une faible hausse des distances parcourues (*KA*). De plus, la part d'écotaxes (*Ecotax*) dans le PIB (laquelle comptabilise surtout les frais d'immatriculation, tous types de véhicules confondus) s'avère aussi positivement associée à une hausse du kilométrage parcouru par adulte.

Ensuite, dans une société où les modes de transport autres que l'automobile sont en croissance (*TA*), le kilométrage parcouru tend à diminuer faiblement. Cela pourrait s'expliquer notamment par le fait que les aménagements qui tendent à favoriser leur développement impliquent souvent la densification du territoire ainsi qu'une plus grande

mixité fonctionnelle. Par contre, une hausse de l'indice de prix des transports collectifs (*TPI*) de 10 % est associée à une baisse du kilométrage parcouru de 1,9 à 2,4 %. Cela pourrait indiquer que plusieurs hausses tarifaires auraient été adoptées dans un contexte d'amélioration significative de la qualité des services. L'amélioration de l'offre aurait ainsi contrebalancé l'impact négatif de ces hausses tarifaires en matière d'achalandage. Cette hausse des tarifs risque aussi vraisemblablement d'induire une baisse de la mobilité de la portion la moins favorisée de la population, dépendante des services de transports collectifs.

On aurait pu penser qu'un accroissement de la taille moyenne des véhicules neufs vendus (*CC*) aurait pu être associé à une baisse du kilométrage parcouru (notamment parce que leurs coûts d'utilisation devraient augmenter avec le volume de la cylindrée). Au contraire, une hausse de 10 % de leur taille s'avère associée à une augmentation de 2,3 % des distances parcourues. L'achat de plus gros véhicules – vraisemblablement plus luxueux – induirait donc un plus grand usage de ceux-ci, alors que la hausse des niveaux de consommation (*CR*) de l'ensemble du parc diminue, au contraire, le kilométrage parcouru (*KA*). Les résultats retenus ne permettent pas d'établir de lien significatif entre les politiques touchant l'offre de stationnement (*parking*) et le kilométrage parcouru. Une hausse de leur tarification (*PM*) est toutefois associée à une baisse des distances parcourues (au seuil de 10%).

Les résultats de la première série de régressions donnent tous un  $R^2$  relativement élevé, allant de 0,301 à 0,785 et les modèles sont tous significatifs (au seuil de 0,05). Dans la section suivante, nous présentons les résultats des régressions avec la consommation moyenne des véhicules (*CR*) comme variable dépendante.

#### 2.4.2 Consommation moyenne des véhicules (*CR*)

Dans la deuxième série de régressions, le niveau de consommation unitaire (*CR*) de l'ensemble des parcs de véhicules constitue notre variable dépendante (l'équation 6 intègre l'ensemble des variables considérées).

$$\begin{aligned}
 6) \quad \ln(CR_{it}) = & \gamma_0 + \gamma_1 \ln(CR_{i,t-1}) + \gamma_2 \ln(KA_{it}) + \gamma_3 \ln(FP_{it}) + \gamma_4 \ln(VC_{it}) + \gamma_5 \ln(FC_{it}) + \\
 & \gamma_6 Ecotax_{it} + \gamma_7 \ln(TNV\_13k_{it}) + \gamma_8 [\ln(TNV\_97k_{it}) \text{ ou } \ln(VAR\_TNV_{it})] + \gamma_9 \ln(GDPPC_{it}) + \\
 & \gamma_{10} URBAN_{it} + \gamma_{11} Trend_t + \gamma_i + \varepsilon_{3,it}
 \end{aligned}$$

Nos résultats pour six régressions sont présentés au tableau 2.5. Trois principaux types de résultats méritent d'être soulignés. Premièrement, une baisse des niveaux de taxation sur les petits véhicules (*TNV\_13k*) ainsi qu'une augmentation des taxes sur les véhicules de luxe (*TNV\_97k*) tendent à réduire le niveau de consommation du parc de véhicules. Une augmentation de l'écart de taxation entre les véhicules bas de gamme et de luxe (*VAR\_TNV*) induit le même résultat. Par exemple, en doublant le niveau de taxation des véhicules de luxe, on réduirait, à termes, de 19,3 % la consommation moyenne du parc de véhicules.

**Tableau 2.5**

Variable dépendante : consommation moyenne des véhicules (*CR*)

	1	2	3	4	5	6
	fe robust	i,year, fe robust	fe robust	2SLS RE	2SLS FE	2SLS FE robust
<i>CR</i> <sub>t-1</sub>	0,930***	0,749***		1,008***	0,723***	0,726***
KA	0,0202	0,0679		0,0774***	0,0621	0,00707
FP	0,0011	0,000478	-0,064*	-0,0346	-0,0367*	-0,0224
VC		0,00983	-0,0202		0,00551	
FC		0,0298**	0,0505**	0,00358	0,0276*	
Ecotax		-0,00126	0,0939**		0,0158	-0,0846
<i>TNV_13k</i>				0,0387**		0,236**
<i>TNV_97k</i>						-0,193**
<i>VAR_TNV</i>				-0,0343**		
GDPPC	0,0147	0,0191	0,453***	-0,0292	0,0618	0,126
Urban	-0,00502***	-0,00508	-0,0179**	-0,000542	-0,00739*	-0,0304*
cons	0,215	0,0998	-0,472	-0,239	0,117	2,079
N	636	261	262	145	259	191
R <sup>2</sup>	0,869	0,626	0,310	0,324	0,578	0,673
R <sup>2</sup> global	0,961	0,921	0,156	0,970	0,872	0,482
				Wald chi2(8) = 1918	Wald chi2(8) =	
Tests de Fisher et de Wald	F(5,36) = 1541,62	F(20,29) = 335,16	F(6,29) = 9,89	F(28,222) = 3,35	638626	F(8,30) = 74,56

Les erreurs types : \* p<0.10, \*\* p<0.05, \*\*\* p<0.01.



Deuxièmement, le prix des carburants ( $FP$ ) est négativement corrélé avec la consommation unitaire des véhicules, ce qui est conforme aux attentes. *Ceteris paribus*, une hausse de 10 % du prix des carburants induirait une baisse de 0,37 à 0,64 % des niveaux de consommation des véhicules. Une augmentation des coûts fixes (frais d'immatriculation,  $FC$ ) est toutefois associée à une détérioration de l'efficacité énergétique du parc de véhicules. Tout comme l'est la variable  $ECOTAX$ . Une hausse des frais variables ( $VC$ ) appliqués au secteur du camionnage aurait pu également favoriser l'utilisation de plus gros camions.<sup>45</sup> Ce n'est pas le cas ici, cette variable ne présentant pas d'effets significatifs.

Ensuite, l'accroissement de la portion de la population passant d'un milieu dit rural à un milieu considéré comme urbain (*Urban*) tendrait à favoriser légèrement des plus petits véhicules. Finalement, tel qu'attendue, une hausse des revenus ( $GDPPC$ ) tendrait à l'accroître fortement (une augmentation de 10 % des revenus induirait une croissance de 4,5 % de la consommation unitaire du parc de véhicules), alors qu'accroître de 10 % le kilométrage parcouru ( $KA$ ) résulterait en une hausse de 0,77 % de celle-ci.

Les résultats de la deuxième série de régressions donnent des  $R^2$  variant entre 0,156 et 0,970 et les modèles sont tous significatifs (au seuil de 0,05). Passons maintenant à la troisième variable dépendante, le stock de véhicules par adulte ( $SA$ ).

### 2.4.3 Stock de véhicules par adulte ( $SA$ )

Dans la dernière série de régressions, la variable dépendante est le stock de véhicules pour cent adultes ( $SA$ ). Dans l'équation 7, nous nous basons sur l'équation 1 utilisée par Barla et coll. (2009). Tel qu'expliqué précédemment, le coût par km est remplacé par les deux variables qui le définissent, c'est-à-dire le prix des carburants ( $FP$ ) et la consommation moyenne du parc ( $CR$ ). Le PIB per capita ( $GDPPC$ ) et le pourcentage de la population dite urbaine demeure les variables de contrôle, à l'instar des deux séries de régressions précédentes. Nous ajoutons toutefois le taux de chômage (*Unemployment*), celui-ci induisant

---

<sup>45</sup> Une hypothèse plausible considérant que ces frais incluent des taxes kilométriques et des péages urbains indépendants du poids des camions. Seule la Suisse impose une taxe kilométrique mesurée en termes de tonnes de marchandises déplacées par kilomètre parcouru.

une hausse significative du pouvoir explicatif du modèle dans le cas de la présente variable dépendante. Nos résultats, pour six régressions, sont présentés au tableau 2.6.

$$7) \quad \ln(SA_{it}) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(SA_{i, t-1}) [\text{ou } \ln(KA_{it}) \text{ ou } TA_{it}] + \alpha_2 \ln(TPI_{it}) + \alpha_3 [\ln(Parking_{it}) \text{ ou } \ln(PM_{it})] + \alpha_4 \ln(CR_{it}) + \alpha_5 \ln(FP_{it}) + \alpha_6 \ln(FC_{it}) + \alpha_7 Ecotax_{it} + \alpha_8 \ln(PVI_{it}) + \alpha_9 \ln(TNV\_13k_{it}) + \alpha_{10} [\ln(TNV\_97k_{it}) \text{ ou } \ln(VAR\_TNV_{it})] + \alpha_{11} \ln(GDPPC_{it}) + \alpha_{12} \ln(Unemployment_{it}) + \alpha_{13} Urban_{it} + \alpha_{14} Trend_t + \alpha_i + \varepsilon_{i, it}$$

Premièrement, nos résultats appuient l'hypothèse selon laquelle une diminution des taxes (ou l'ajout de subventions) à l'acquisition de petites voitures écoénergétiques serait susceptible de contribuer à accroître le nombre total de véhicules sur le marché (*SA*). Une hausse du niveau des taxes perçues sur les véhicules vendus 13 000 \$ US de 10 % du prix de vente est ainsi associée à une baisse de 2,3 à 2,4 % du stock de véhicules. De manière concomitante, une augmentation de l'écart (*VAR\_TNV*) entre la taxation des petits véhicules (de 13 000\$) et des véhicules de luxe (de 97 000 \$) est aussi corrélée à une hausse du stock de véhicules. Une hausse de 10 % des niveaux de taxation des véhicules de luxe (*TNV\_97k*) induirait une légère augmentation (de 1,1 %) des stocks de véhicules.

Deuxièmement, les hausses des prix des carburants (*FP*), tout comme l'augmentation de l'usage des transports collectifs (*TA*) ou une baisse de leurs tarifs (*TPI*) tendent à induire des baisses dans les taux de possession de véhicules (*SA*). Ainsi, doubler les prix des carburants entraînerait une baisse de 4,0 % à 15,0 % du stock de véhicules. Toutefois, un doublement des coûts fixes (d'immatriculation, *FC*) s'avère positivement corrélée avec une augmentation, de 4,4 % du nombre de véhicules (*SA*).

Troisièmement, une réduction de 10 % du nombre de stationnements offerts aux employés (*Parking*) induirait une baisse de 1,4 % du nombre de véhicules (*SA*), alors qu'une hausse de 10 % des tarifs de stationnement au centre-ville (*PM*) pourrait, au contraire, en accroître le nombre de 0,3 %. Quatrièmement, une amélioration de 10 % de l'efficacité énergétique (*CR*) tend à induire une hausse de 0,3 à 2,0 du nombre de véhicules. Finalement, une population plus riche (*GDPPC*), plus urbaine (*URBAN*), profitant d'un taux de chômage plus bas (*Unemployment*), tendra également à posséder plus de véhicules.

Tableau 2.6

Variable dépendante : stock de véhicules par adulte (SA)

	1	2	3	4	5	6
	re robust	i.year, re	i.year, re	re robust	re robust	2SLS i.year, re
SA <sub>t-1</sub>						0.950***
KA		0.295***	0.295***	0.136	0.0621	
TA	-0.0162***					
TPI	0.194***				0.0503*	
Parking				0.141**		
PM					0.0385*	
CR	-0.0591	0.0153	0.0154	-0.195**	0.0186	-0.0319**
FP	-0.00309	-0.150***	-0.150***	0.0529	-0.0399*	-0.00928
FC	0.0439**					0.00435
Ecotax		-0.0125	-0.0126			-0.00907
PVI	-0.0324	-0.233***	-0.233***	0.146	-0.245**	-0.151***
TNV_13k		-0.237***	-0.225***			
TNV_97k		0.119*				
VAR_TNV			0.106*			
Unemployment	-0.00508***	-0.00222	-0.00222	0.00300	-0.000774	-0.00110
GDPPC	0.222***	0.221***	0.220***	0.362***	0.198***	-0.0113
Urban	0.000950	0.00106	0.00106	-0.00391	0.00929**	0.000722*
cons	1.431	1.376**	1.416**	-1.707	1.615	1.133***
N	273	185	185	315	179	268
R <sup>2</sup>	0,800	0,624	0,624	0,522	0,524	0,672
R <sup>2</sup> global	0,688	0,840	0,841	0,474	0,300	0,981
Tests de Fisher	Wald	Wald	Wald	Wald	Wald	Wald
ou de Wald	chi2(9) = 406.8	chi2(26) = 375.03	chi2(26) = 375.39	chi2(8) = 272.41	chi2(9) = 110.32	chi2(21) = 11447

Les erreurs types : \* p&lt;0.10, \*\* p&lt;0.05, \*\*\* p&lt;0.01.

Les résultats de la troisième série de régressions donnent tous un R<sup>2</sup> relativement élevé, allant de 0,300 à 0,981 et les modèles sont tous significatifs (au seuil de 0,05).

## 2.5. Conclusion

Dans la présente étude, nous avons utilisé des données par panel (37 pays pour 21 ans) afin d'expliquer les facteurs susceptibles d'influer sur les trois variables dépendantes suivantes : les taux de possession de véhicules, le kilométrage parcouru annuellement et l'efficacité énergétique moyenne du parc de véhicules. Trois résultats méritent particulièrement notre attention.

**Premièrement, la taxation différenciée de différentes catégories de véhicules a un rôle crucial à jouer en gestion des transports.** L'indice moyen du prix de vente des véhicules (*PVT*), tel qu'utilisé par Barla et coll. (2009), ne permet pas d'appréhender les impacts de programmes visant à appliquer des taxes différentielles qui varient selon l'efficacité des véhicules. Nos résultats démontrent clairement que des baisses de taxes sur les petits véhicules favorisent l'achat de véhicules plus efficaces sur le plan énergétique, mais également qu'elles incitent les consommateurs à acquérir davantage de véhicules. Nos résultats ne permettent pas ici d'évaluer laquelle de ces deux tendances domine en matière d'impacts sur la consommation d'essence. L'évaluation de leurs impacts sur les émissions de GES pourrait permettre de répondre à cette question.

**Deuxièmement, les résultats appuient l'intérêt d'encourager la tarification des véhicules en mettant davantage l'accent sur l'augmentation des frais liés à l'utilisation des véhicules, plutôt qu'à leur possession.** Ainsi, toute hausse du prix des carburants influe sur les trois variables dépendantes de façon à réduire les émissions de GES. Une augmentation des frais fixes (d'immatriculation) entraîne l'effet inverse dans les trois cas. Une hausse des écotaxes par rapport au PIB est également associée à une hausse du kilométrage parcouru ainsi que des taux de possession de véhicules. Cela tend à appuyer notre thèse que l'écofiscalité puisse être appliquée de manière plus efficiente qu'elle l'est actuellement, en visant à tarifier davantage l'utilisation que la possession des véhicules. Là où des taxes kilométriques et des péages urbains s'appliquent, ces mesures s'avèrent généralement efficaces afin de réduire l'utilisation des véhicules touchés (généralement le secteur du camionnage). Finalement, une amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules a les mêmes impacts qu'une baisse du prix du pétrole (toutes les deux induisent une diminution

des coûts d'utilisation par kilomètre parcouru et conduisent donc à plus de kilomètres parcourus).

**Troisièmement, la baisse du nombre de stationnements offerts aux travailleurs tout comme l'amélioration de l'offre des transports collectifs tendraient toutes les deux à avoir des impacts significatifs pour réduire les stocks de véhicules et le kilométrage parcouru.** Les résultats retenus ne permettent pas de conclure sur l'incidence de leur tarification respective. Une hausse des tarifs de stationnement dans les centres-villes, tout comme une augmentation des tarifs de transports collectifs, seraient associées à un accroissement des stocks de véhicules et à une réduction du kilométrage parcouru.

Réduire l'impact environnemental des transports nécessitera de découpler la consommation de carburant de la croissance économique (Tapio, 2005; OCDE, 2006). Une utilisation accrue et mieux ciblée de l'écofiscalité, jumelée à une amélioration de l'offre de transports collectifs devraient s'avérer des conditions *sine qua non* d'une stratégie cohérente de réduction des émissions de GES, dans le contexte où la croissance du PIB demeure associée à celle des taux de possession de véhicules, du kilométrage parcouru et de l'acquisition de véhicules plus énergivores.

Finalement, en guise de perspective de recherche, notons qu'il serait pertinent, afin de compléter l'analyse à partir de notre banque de données, de considérer comme variables indépendantes les émissions de GES du secteur des transports routiers ainsi que les taux d'utilisation des transports collectifs.



## Bibliographie

Agnolucci, P. (2009), "The effect of the German and British environmental taxation reforms: A simple assessment", *Énergie Policy*, 37, pp. 3043–3051.

Alain, M. (2004), *Les us et abus dans l'application de la régression multiple aux sciences humaines*, Trois-Rivières, SMG, ISBN : 2-89094-163-9 G (cité in [http://www.uqtr.ca/cours/srp-6018/periode6/regression\\_multiple.htm](http://www.uqtr.ca/cours/srp-6018/periode6/regression_multiple.htm))

Anas, A. and G. R. Timilsina (2009), *Impacts of Policy Instruments to Reduce Congestion and Emissions from Urban Transportation The Case of São Paulo, Brazil*, Policy Research Working Paper 5099, The World Bank, Development Research Group, Environment and Energy Team, September, WPS5099, 28 p.

Barla, P., B. Lamonde, L. F. Miranda-Moreno and N. Boucher (2009), "Traveled Distance, Stock and Fuel Efficiency of Private Vehicles in Canada: Price Elasticities and Rebound Effect", *Transportation*, 36, pp. 389–402.

BenDor, T. and A. Ford (2006), "Simulating a Combination of Feebates and Scrappage Incentives to Reduce Automobile Emissions", *Energy*, 31, pp. 1197–1214.

Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques [CERTU] (2001), *Tarification des déplacements automobiles urbains*, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, France, 180 p.

Charlot-Valdieu, C. et P. Outrequin (2011), *L'urbanisme durable. Concevoir un écoquartier*, Éd. Le Moniteur, France, 312 p.

Commissariat au développement durable (2009), « Les immatriculations de voitures particulières neuves, un an après la mise en place du bonus malus », *Le point sur*, no. 4, février, France, 4 p.

Commission des finances, de l'économie générale et du contrôle budgétaire (2009), *L'évaluation des effets économiques du bonus malus écologique*, France, 37 p.

Davis, W. B., M. D. Levine, K. Train and K. G. Duleep (1995), *Effects of Feebates on Vehicle Fuel Economy, Carbon Dioxide Emissions, and Consumer Surplus*, Technical Report Two of Energy Efficiency in the U.S. Economy, US DOE Office of Policy, DEO/PO-0031, 138 p.

DeAlmeida, P. and D. Silva (2009), "The Peak of Oil Production: Timings and Market Recognition", *Energy Policy*, 37, pp. 1267–1276.

Derycke, P.-H. (1997), *Le péage urbain : Histoire-analyse-politiques*, Édition Économica, 205 p.

Derycke, P.-H. (2000), « Mobilité, congestion, Péage. Réflexion sur les politiques de réduction de l'encombrement urbain », *Revue d'économie régionale et urbaine*, No 1, pp. 157-168.

Edlin, A. S. and P. K. Mandic (2006), "The Accident Externality from Driving", *Journal of Political Economy*, 114 (5), pp. 931-955.

Emelianoff, C. et R. Stegassy, (2010), *Les pionniers de la ville durable*, Éd. Autrement, 300 p.

European Commission (2003), "*EUR 20198 — External Costs, Research Results on Socio-Environmental Damages Due to Electricity and Transport*", Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 24 pp, ISBN 92-894-3353-1, disponible sur [www.externe.info/externpr.pdf](http://www.externe.info/externpr.pdf)

Gehl, J. (2010), *Pour des villes à échelle humaine*, Éd. Écosociété, 273 p.

Glaister, S. and D. J. Graham (2006), "Proper Pricing for Transport Infrastructure and the Case of Urban Road Congestion", *Urban Studies*, vol. 41, no. 8, pp. 1395-1418.

Greene, D. L., P. D. Patterson, M. Singh and J. Li (2005), "Feebates, Rebates and Gas-guzzler Taxes: a Study of Incentives for Increased Fuel Economy", *Energy Policy*, Vol. 33, No 6, April, pp. 757-775.

Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat [GIEC] (2007), *Résumé à l'intention des décideurs. Changements climatiques 2007 : Les éléments scientifiques, Contribution du Groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation du GIEC*, 18 p (voir aussi contribution du Groupe de travail II et III).

Han, S. S. (2009), "Managing Motorization in Sustainable Transport Planning: the Singapore Experience", *J. Transp. Geogr.*, doi:10.1016/j.jtrangeo.2009.06.01.0.

Hirota, K. and J. Poot (2005), "Taxes and the Environmental Impact of Private Car Use: Evidence from 68 Cities", chap. 15 of Reggiani, A. and L. A. Schintler Ed. *Methods and Models in Transport and Telecommunications*, Springer Berlin Heidelberg, pp. 299-317.

Johansson, O. and L. Schipper (1997), "Measuring the Long-Run Fuel Demand of Cars: Separate Estimations of Vehicle Stock, Mean Fuel Intensity, and Mean Annual Driving Distance", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 31, No. 3 (Sept.), pp. 277-292.

Johnson, K. C. (2006), "Feebates: An effective Regulatory Instrument for Cost-Constrained Environmental Policy", *Energy Policy*, 34, pp. 3965-3976.

Joubert, G., C. Laplante et G. Charrette (2009), *Évaluation des coûts de la congestion routière dans la région de Montréal pour les conditions de référence de 2003*, étude réalisée pour le ministère des Transports du Québec par Les Conseillers ADEC Inc., 89 p.

Koh, W. T. H. (2004), "Congestion Control and Vehicle Ownership Restriction", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 38, Part 3 (Sept.), pp.321-402.

Krebs, P. and U. Balmer (2012), *Fair and efficient, The Distance-related Heavy Vehicle Fee (HVF) in Switzerland*, Publisher: Federal Office for Spatial Development (ARE), Department of the Environment, Transport, Energy and Communications (DETEC), Confédération Suisse, 23 p.

Lefebvre, J.-F., Y. Guérard et J.-P. Drapeau (1995), *L'autre écologie, Économie, transports et urbanisme, une perspective macroécologique*, Éditions MultiMondes - GRAME, 370 p.

Lefebvre, J.-F. (2012), « *Stratégie intégrée et pacte social pour des transports urbains durable* », Book chapter, *Métropoles des Amériques : Inégalités, conflits et gouvernance*, PUQ, 357 p (pp. 225-236).

Litman, T. (1997b), "Distance-Based Vehicle Insurance as a TDM Strategy", *Transportation Quarterly*, Vol. 51, No. 3, summer, pp. 119-138.

Litman, T. (2005), *Pay-As-You-Drive Vehicle Insurance: Implementation, Benefits and Costs*, Victoria Transport Policy Institute, 14 November, 12 p.

Litman, T. (2006), "Transportation Market Distortions», *Berkeley Planning Journal*, Volume 19, pp. 19-36.

Litman, T. (2008), *Pay-As-You-Drive Pricing In British Columbia*, Victoria Transport Policy Institute, 18 November, 10 p.

Litman, T. (2009), *Distance-Based Vehicle Insurance As A TDM Strategy*, Victoria Transport Policy Institute, 10 June, 32 p.

Marbek Resource Consultants Ltd., Resources for the future et DesRosiers Automotive Consultants Inc. (2005), *Élaboration des options de taxation avec remise des véhicules au Canada*, Rapport pour la TRNÉE, 13 octobre, 98 p.

McManus, W. (2007), *Economic analysis of feebates to reduce greenhouse gas emissions from light vehicles for California*, University of Michigan, Transportation Research Institute, MPRA-Munich Personal RePEc Archive, May, 52 p.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs [MDDEP] (2013), *Inventaire des émissions de gaz à effet de serre en 2010 et leur évolution depuis 1990*, Gouvernement du Québec, Direction des politiques de la qualité de l'atmosphère, 20 p.

Newman, P. and J. Kenworthy (1989), *Cities and Automobile Dependence, an International Sourcebook*, Angleterre, Gower Publishing Company Limited, Hants, 388 p.

Organisation de coopération et de développement économique [OCDE] (2001), *Les taxes liées à l'environnement dans les pays de l'OCDE : Problèmes et stratégies*, Éditions OCDE, Paris, 156 p.

OCDE (2006 a), *L'économie politique des taxes liées à l'environnement*, Éditions OCDE, Paris, 215 p.

OCDE (2006 b), « L'impact environnemental des transports, comment le découpler de la croissance économique », Éditions OCDE, Paris, 128 p.

OCDE (2007), *Politiques de l'environnement : quelles combinaisons d'instruments?*, Éditions OCDE, Paris, 262 p.

Parry, I. W. H. and A. Bento (2001), "Revenue Recycling and the Welfare Effects of Road Pricing", *Scand. J. of Econ.*, 103 (4), pp. 645-671.

Parry, I. W. H. and K. A. Small (2004), *Does Britain or the United States Have the Right Gasoline Tax?*, Discussion Paper 02-12 rev. Resources for the Future, 57 p.

Parry, I. W. H. (2005), *Is Pay-As-You-Drive Insurance a Better Way to Reduce Gasoline than Gasoline Taxes?*, Resources for the Future, RFF DP 05-15.

Pock, M. (2010), "Gasoline demand in Europe: New insights", *Energy Economics*, 32, pp. 54-62.

Prades, J., R. Loulou et J.-P. Waaub, (1998), *Stratégies de gestion des gaz à effet de serre. Le cas des transports urbains*, Presses de l'Université du Québec, Montréal, Québec, Canada, 277 p.

Proost, S. and K. Van Dender (2000), "Parking Policies and Road Pricing", *Urban Studies*, vol. 37, no. 1, pp. 63-76.

Proost, S. and K. Van Dender (2001), "The Welfare Impacts of Alternative Policies to Address Atmospheric Pollution in Urban Road Transport", *Regional Science and Urban Economics*, Volume 31, No 4, pp. 383-411.

Prud'homme, R. et P. Kopp (2007), « Le péage de Stockholm : évaluation et enseignements », *Revue Transports*, mai-juin, 443, pp. 346-359.

Quddus, M. A., A. Carmel and M. G. H. Bell (2007), "The Impact of the Congestion Charge on Retail: the London Experience", *J. of Transport Econ. And Policy*, Vol. 41, Part 1, January, pp. 113-133.

Schipper, L., C. Marie-Lilliu and R. Gorham (2000), *Flexing the Link between Transport and Greenhouse Gas Emissions, A path for the World Bank*, International Energy Agency, Paris, 54 p.

Seabright, P. (2007), « Le péage urbain de Londres : des leçons pour la France ? », pp. 219-227 dans Didier, M. et R. Prud'homme (2007), *Infrastructures de transport, mobilité et croissance*, La Documentation française, Paris, 242 p.

Shoup, D. (1997), "Evaluating the Effects of Employer-Paid Cashing Out Parking: Eight Case Studies", *Transport Policy*, Vol. 4, No. 4, pp. 201-216.

Shoup, D. (2005), *The High Cost of Free Parking*, American Planning Association (APA) Press, 734 p.

Small, K. A. and K. Van Dender (2007a), "Fuel Efficiency and Motor Vehicle Travel: The Declining Rebound Effect", *Energy Journal*, vol. 28, no. 1, pp. 25-51.

Small, K. A. and K. Van Dender (2007b), *Long Run Trends in Transport Demand, Fuel Price Elasticities and Implications of the Oil Outlook for Transport Policy*, Discussion Paper No. 2007-16, OECD-ITF Joint Transport Research Center, December, 38 p.

Tapio, P. (2005), "Towards a Theory of Decoupling: Degrees of Decoupling in the EU and the Case of Road Traffic in Finland Between 1970 and 2001", *Transport Policy*, 12, pp. 137-151.

Tanguay G. A. and I. Gingras (2012), "Gas Price Variations and Urban Sprawl: an Empirical Analysis of the Twelve Largest Canadian Metropolitan Areas", *Environment and Planning A*, 44(7), pp. 1728-1743.

Vickrey, W. (1968), "Automobile Accidents, Tort Law, Externalities and Insurance: An Economist's Critique", 33, *Law and Contemporary Problems*, pp. 464-470.

Wadud, Z., D. J. Graham and R. B. Noland (2009), "Modelling Fuel Demand for Different Socio-Economic Groups", *Applied Energy*, 86, pp. 2740-2749.

Wassmer, R. W. (2008), "Causes of Urban Sprawl in the United States: Auto Reliance as Compared to Natural Evolution, Flight from Blight, and Local Revenue Reliance", *Journal of Policy Analysis and Management*, vol. 27, pp. 536-555.

Wooldridge, J. (2002), *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, Cambridge, MIT Press.



## CHAPITRE III

### EFFICIENCY AND EQUITY OF ROAD GHG MITIGATION MEASURES: AN INTERNATIONAL PERSPECTIVE

#### Abstract

The goal of this study is to assess the various factors influencing public transit use and overall greenhouse gas (GHG) emissions in road transportation. It is based on a multivariate analysis with panel data from 37 industrialized countries, over a 21-year span. The study shows that the following factors tend to decrease road GHG emissions: greater public transportation, higher unemployment rates and variable transportation costs (notably fuel prices). In contrast, the following factors tend to increase them: higher GDP, vehicle stock, mileage per adult, engine size, parking supply and, surprisingly, greater fixed taxes per vehicle and greater share of green taxation in GDP. The study also shows that higher fuel price and parking charges or lower transit fares, are important determinants increasing the use of public transportation. In contrast, high fixed vehicle costs and high number of parking spaces available tend to reduce public transit usage. Finally, for a given country, we evaluated how these transportation variables are correlated to the income of its disadvantaged population, by measuring their impact on the Gini index. Social inequalities tend to be lower in countries that promote education, public transit, smaller vehicles and environmental taxation. Social inequalities tend to increase with a price rise of oil imports, but not with taxes on fuel. We conclude by saying that a coherent use of economic incentives to reduce road GHG emissions can be effective and equitable.

**Keywords:** *Transportation, Green Taxes, Equity, Greenhouse Gases, Parking*

#### Résumé

*Le but de cette étude est d'identifier l'influence de divers facteurs sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) dans le secteur du transport routier ainsi que sur l'utilisation des transports collectifs. Cette étude est basée sur une analyse multivariée (37 pays industrialisés pendant 21 ans). Les résultats démontrent que l'accroissement des facteurs suivants tend à réduire les émissions de GES du secteur routier : l'utilisation des transports collectifs, le taux de chômage, les prix du carburant et la tarification routière. En contraste, l'accroissement des facteurs suivants tend à augmenter les émissions : le PIB, le stock de véhicules, le kilométrage parcouru par adulte, la cylindrée du moteur, les tarifs de transports collectifs ainsi que l'offre des espaces de stationnement et, étonnamment, une hausse des taxes fixes sur les véhicules ainsi que de la part de la fiscalité verte dans le PIB. L'étude démontre également qu'une hausse du prix du carburant et des frais de stationnement, ou une baisse des tarifs de transports collectifs favorisent l'utilisation de ces derniers. En contraste, une hausse des coûts fixes des véhicules et du nombre de places de stationnement disponibles sont nuisibles au transport public. Finalement, pour chaque pays, nous évaluons la façon dont ces choix de transport sont corrélés avec les revenus de sa population défavorisée, en mesurant l'équité sociale avec l'indice de Gini. L'iniquité sociale a tendance à diminuer dans les pays qui favorisent l'éducation, les transports collectifs (avec tarifs peu élevés) tout en favorisant la fiscalité environnementale, incluant un prix élevé du carburant. Nous concluons qu'une utilisation cohérente des instruments économiques se révélerait efficace et équitable.*

**Mots clés :** *transports, écotaxes, équité, gaz à effet de serre, stationnement*

### 3.1. Introduction

Reducing greenhouse gas (GHG) emissions is now a goal of mainstream politics, while the increase in oil prices has contributed to stimulating the transition to a less oil dependent economy (Bréchet and Van Brusselen, 2007; De Almeida and Silva, 2009). In this regard, the road transportation sector is an important source of emissions and accounts for a large share of the GHG increase that has been observed throughout the world since 1990 (Michaelis and Davidson, 1996; IEA, 2009).

These problems are clearly exacerbated by the presence of many external costs that induce non-optimal choices of transportation (Newman and Kenworthy, 1989; European Commission, 2003). Some of these external costs are specifically related to the consumption of fuel, including air quality issues and emissions of greenhouse gases (GHGs) (Prades *et al.* 1998; Proost and Van Dender, 2001; GIEC, 2007). Other costs are associated with congestion (Derycke 1997 and 2000), accidents (Vickrey, 1968; Edlin and Mandic, 2006) and opportunity costs linked to free parking (Shoup, 2005; Litman, 2006).

Some economic incentives (green taxes or ecotaxes) can contribute to promote the use of public transit and active modes of transportation (Small, 2004; Chen *et al.* 2010), while improving vehicles' energy efficiency (Greene *et al.* 2005) and reducing car use (Prades *et al.*, 1998; European Commission, 2003; OCDE, 2006). The public transit funding is justified only insofar as the road users not defray all internal and external costs they generate (Small and Verhoef, 2007). However, this is clearly the case today (Gagnon and Pineau, 2012 and 2013). In fact, a review of over a hundred studies confirms that there is a strong academic consensus in favor of economic incentives in transport management. However there is lack of knowledge about their specific optimal configuration (Himanen *et al.*, 2004).

Other authors examined more specifically the factors influencing the efficiency of the fleets (Espey, 1998), including the implications of programs known as feebates or *bonus malus* (Green *et al.* 2005; Johnson, 2006; McManus, 2007).<sup>46</sup> While the effectiveness of a feebate to

---

<sup>46</sup> The adoption of feebate programs has been proposed for several years (Davis *et al.*, 1995; Lefebvre *et al.* 1995) and has even been in effect since 2008 in France and more recently in Belgium and Germany. In a feebate scheme, a tax is imposed on the purchase of a new vehicle beyond a certain

improve energy efficiency of the car fleet seems undisputed, little attention has been paid to its potential impact on vehicle ownership rates. As traditional models (Small and Van Dender, 2007; Barla *et al.*, 2009) consider only the average cost of vehicles, a fee applicable on the purchase of a large vehicle that serves to reduce the cost of a small vehicle would become invisible to them. This could lead to contradictions. BenDor and Ford (2006) anticipated that a feebate in Canada would reduce overall sales slightly while we demonstrated with a time series analysis, presented in the previous chapter (2), that a reduction in low cost car taxation tend to improve vehicle energy efficiency but also to increase total vehicle sales.

The issue of parking prices and supply is significant according to Shoup (1997 and 2005). This factor is also absent from econometric studies that assess the variables affecting fuel consumption, GHG emissions or the use of public transport.

Hirota and Poot (2005) demonstrate the effectiveness of economic incentives, particularly when they affect vehicles use costs, in a study of 68 cities with no times series. However, the incidence of green taxation on transportation in a national economy has not been tested. We could assume that these green taxes should have a smaller effect than fuel taxes, considering that important shares are not related to transportation (OCDE, 2006). Fuel tax seems to be “the single most powerful climate policy instrument implemented to date” (Stern, 2007). But, if there is a correlation between green taxes and fuel consumption, it is anticipated to be similar to the effect of fuel prices, if they are consistent with the goal of reducing GHG emissions.

Also, public transport is often seen as an integral part of the solution (Poudenx, 2008). In his study on the impact of fuel price on public transit ridership and CO<sub>2</sub> emissions for 96 American transit providers, Maghelal (2011) found that CO<sub>2</sub> emissions were significantly negatively correlated, to fuel price, but there was no significant impact on the number of transit trips. However, another study by Bailey *et al.* (2008) reveals that transit availability significantly reduces automobile travel, independently of transit use.

---

energy efficiency level while the buyer of a cleaner vehicle receives a grant. These taxes and subsidies vary according to fuel consumption levels (or vehicle emissions).

It is also deemed that an inverse relationship exists between public transit ridership and income (Anas and Timilsina, 2009), and a social objective can justify subsidizing public transit, independently of its environmental benefits (Van Goeverden *et al.*, 2006). Concerning the potential impact on GHG emissions from changes in public transportation fares, Frondel and Vance (2011) conclude that fuel prices have a substantial impact on transit ridership, but found no evidence of a statistically significant impact of the fare. On the contrary, Small (2004) points out that the demand for transit can sometimes be very sensitive to rate increases.

Policies that aim to address those issues need to be effective and efficient (OCDE, 2006). Their economic impact on low-income families, real or perceived, are also crucial, because social acceptability that has been identified as one of the main obstacles to the adoption of economic incentives (OCDE, 2006; Rietveld, 2006; AMR, 2009).

The implementation of sustainable transport strategies therefore requires, as a first step, to evaluate the effectiveness of proposed measures in terms of reducing GHG emissions and increasing the use of public transport (Romero-Jordàn *et al.*, 2010). Secondly, it must consider their social acceptability, which is largely based on their true or perceived impact on social equity (Schade and Schlag, 2003; Jaensirisak *et al.*, 2005).

An indicator of social equity used across nations is the *Gini* index. Several researchers have attempted to assess the impact of social inequality and on economic growth, whether in developing countries or in the developed world (Bruno *et al.*, 1998; Afonzo *et al.*, 2008; Salverda *et al.*, 2011). Ezcurra (2007), for example, shows, based on a study conducted within European countries, that regional inequalities in income and economic growth are negatively related. Other research measured the impact of economic growth on equity with the *Gini* index as the dependent variable. Thus, if economic growth can reduce poverty, Fields (1989) found that it has "very little to do with Income Inequality." The effect of economic growth would initially amplify social inequalities in developing countries and tend to reduce them in developed countries, in what is called the Kuznets curve (Barro, 2000, 2003). Afonzo *et al.* (2008) show that redistributive public spending and performance on education tends to be correlated with a more equitable distribution of income. Salverda (2011) mentions that a regressive effect was found for environmental taxes related to energy,



but not with those associated with transport. While one of the main debates on green taxes concerns their potential impact on social equity, the relative impact of different environmental taxes affecting transport was not assessed, nor was the social impact of several transportation choices.

Finally, even if parking availability and pricing has clearly proven to be an important factor influencing car use (Shoup, 2005; Litman, 2008), those variables are rarely used in the models previously mentioned. By supplementing the work presented in the previous chapter, this research answers the following question:

- What are the implications of different forms of pricing and other policies applied to the transport sector on GHG emissions, on the use of public transit and active transportation as well as social equity?

To answer this question, we conduct a multivariate analysis with panel data to: 1) identify, within the transportation sector, the influence of various factors on GHG emissions; 2) assess the factors affecting the use of public transit and active transportation and 3) evaluate how transport policy variables may affect social equity at national level (as measured by the Gini index). We present the methodology and the data set in Section 2. In Section 3, the results of the assessments are given and discussed. We summarize the results and present a conclusion in Section 4.

## 3.2. Methodology and data

### 3.2.1 Model specification and choice of the dependent variables

In this paper we present different sets of regressions with the three following dependent variables:

- The first set serves to evaluate variables that may contribute to *road GHG emissions per capita (RGHGPC)*.
- The second focuses on factors that may affect the share of trips in *transit and active modes (TA)*.
- In the third series, the dependant variable is the level of social equity, measure with the *Gini index*.



For each regression, the dependent variable and the explanatory variables were expressed as natural logarithms except for some that were expressed initially in percentages. This type of model, called semi-log, has the advantage of enabling the production of coefficients with a good approximation of the elasticity of  $Y$  with respect to  $X$  (Wassmer, 2008). The equations used to estimate are thus in the form:<sup>47</sup>

$$(1) \quad \ln(Y_{it}) = \alpha + \beta \ln(X_{it}) + \varepsilon_{it},$$

where  $Y$  = Dependent variable (respectively *RGHGPC*, *TA* and *Gini*);

$X$  = independent variable;

$\alpha$  = constant;

$\beta$  = regression coefficient;

$\varepsilon$  = error term;

$i$  = countries (1 to 37);

$t$  = periods (1 to 21) (1990-2010).

The following sub-section presents the data set.

### 3.2.2 Data set

The data cover 37 countries, including Canada, the United States, Australia and most European countries, including some in Eastern Europe (see Table 3.1). Depending on the country, the variables available cover periods of up to 21 years (1990-2010). Most of the data are taken from public websites (IEA, World Bank, Eurostat, OECD, Natural Resources Canada, Statistics Canada, U.S. Department of Transportation, etc.).

The summary statistics for all variables are presented in table 3.2. The table 3.3 presents the list of variables and the anticipated relations with the dependent variables.

---

<sup>47</sup> If the model is  $\ln(Y_{it}) = \alpha + \beta \ln(X_{it}) + \varepsilon_{it}$ ,  $\beta$  is the elasticity of  $y$  with respect to  $x$  (double-log model). If the model is  $\ln(Y_{it}) = \alpha + \beta (X_{it}) + \varepsilon_{it}$ ,  $\beta$  is approximately the percentage change of  $y$  given a 1 unit change in  $x$  and if the model is  $Y_{it} = \alpha + \beta \ln(X_{it}) + \varepsilon_{it}$ ,  $\beta$  is approximately the change in  $y$  for a 100 percent change in  $x$  (semi-log models).



**Table 3.1**

## Country list

1. Australia	11. Germany	21. Luxembourg	31. Slovenia
2. Austria	12. Greece	22. Mexico	32. Spain
3. Belgium	13. Hungary	23. Netherlands	33. Sweden
4. Bulgaria	14. Iceland	24. New Zealand	34. Switzerland
5. Canada	15. Ireland	25. Norway	35. Turkey
6. Czech Republic	16. Italy	26. Poland	36. United Kingdom
7. Denmark	17. Japan	27. Portugal	37. United States
8. Estonia	18. Korea, Republic	28. Romania	
9. Finland	19. Latvia	29. Singapore	
10. France	20. Lithuania	30. Slovak Republic	

**Table 3.2**

## Summary statistics

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Road GHG <i>per capita</i> (tons CO <sub>2</sub> /yr)	773	2.1	1.8	0.4	14.6
Percentage of trips with transit and active mode	700	22.2	14.0	4.2	88.1
Gini	596	32.5	6.4	19.5	51.9
Kilometres per adult	746	10292	5730	388	28938
Car ownership rate per 100 adults	763	48.3	20.4	5.0	101.8
Energy consumption per km for the fleet	714	15.0	9.9	6.7	63.3
Average cylinder (cc) in new vehicles purchased	409	1776	395	1244	3474
Transit price index (2005=100)	674	87.2	27.1	2.9	225.9
Parking spaces by thousand workers in CBD	334	235.9	145.5	28.5	598.1
Monthly parking rate (USD)	192	330.9	202.9	31.3	1288.4
Share of environmental taxes (% of GDP)	660	2.4	0.7	0.2	5.2
Oil price (excluding taxes, \$ for 100 litres)	735	45.9	28.0	13.2	344.8
Variable costs (for trucks, per working day)	565	83.4	67.3	4.1	567.8
Fixes cost (registration, per working day)	297	7.0	4.4	0.2	25.0
Price Index for the acquisition of new vehicles	694	97.5	16.9	4.3	188.6
Taxes on new vehicles of 13 000\$	226	5633	7230	988	44454
Proportion of population living in urban areas	777	73.8	11.9	47.9	100.0
Unemployment rate (%)	743	7.6	4.0	0.6	23.9
Gross domestic product <i>per capita</i>	760	15029	9537	1148	43330
Average schooling years	714	9.9	1.5	4.9	13.0

Table 3.3

## List of variables and anticipated relations with the dependent variables

Variable description	Abbreviation	RGHGPC	TA	GINI
Variables related to vehicle characteristics and use:				
<input type="checkbox"/> Car ownership rate (stocks) per 100 adults	SA	+	-	N.A.
<input type="checkbox"/> Mileage traveled annually per adult (in km)	KA	+	-	N.A.
<input type="checkbox"/> Energy consumption per km for the vehicle fleet (equivalent to GHG emissions per unit)	CR	+	+	N.A.
			(Uns.)	
<input type="checkbox"/> Average cylinder in new vehicles purchased	CC	+	-	+
Indicators directly related to the acquisition or usage cost of vehicles:				
<input type="checkbox"/> Price Vehicle Index for the acquisition of new vehicles (2005=100)	PVI	- (Uns.)	N.A.	N.A.
<input type="checkbox"/> Taxes on market entry vehicles (with vehicles acquisition costs of \$13,000)	TNV_13k	-	N.A.	N.A.
<input type="checkbox"/> Oil price (excluding taxes)	Oil	-	+	+
<input type="checkbox"/> Variable costs (a combination of diesel taxes and road pricing for trucks)	VC	-	+	-
<input type="checkbox"/> Fixed costs (registration fees)	FC	- (+)	+ (-)	- (Uns.)
<input type="checkbox"/> Average monthly parking rate (in 2005 \$UDS)	PM	- (Uns.)	+	N.A.
Variables associated with modal choice:				
<input type="checkbox"/> Number of trips with transit and active mode (% of total kilometres-passengers)	TA	-	+	-
<input type="checkbox"/> Transit price index (2005=100)	TPI	+ (-)	-	N.A.
Indicator representing the overall use of environmental taxes:				
<input type="checkbox"/> Share of environmental taxes as a percentage of GDP	Ecotax	- (+)	+	-
Variables associated with transportation infrastructures:				
<input type="checkbox"/> Number of parking spaces available by thousand workers in central business district (CBD)	Parking	+	-	N.A.
Socio-economic and demographic indicators:				
<input type="checkbox"/> Proportion of population living in urban areas	Urban	+	+ (±)	N.A.
<input type="checkbox"/> Gross domestic product <i>per capita</i>	GDPPC	+	-	-
<input type="checkbox"/> Unemployment rate (% of population)	Unemployment	-	? (±)	+
<input type="checkbox"/> Average schooling years	EDUC	N.A.	N.A.	-

N.A.: Not Applicable; Uns.: Unsignificant

(In bracket we give our results when they differed from the tendencies generally anticipated).

In the following sections, we complete the description of each of the dependent variables, notably by giving the trends for some representative countries.

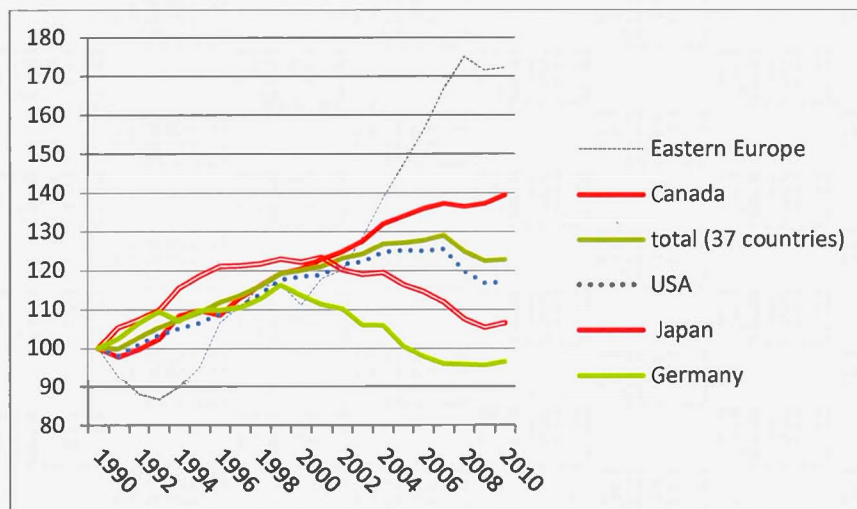
### 3.2.3 Road GHG per capita (*RGHGPC*)

Some trends deserve to be highlighted, first on GHG emissions in the transport sector. By adding data from 37 industrialized countries over the period from 1990 to 2010, we can observe that fuel consumption in the road transport sector peaked in these countries in 2007 and then declined (Figure 1 shows variations taking 1990 emissions as a reference for each country). If this trend persists, it would represent in itself a historic transition and may even be a reflection of several major changes that have affected the transport sector in recent years.

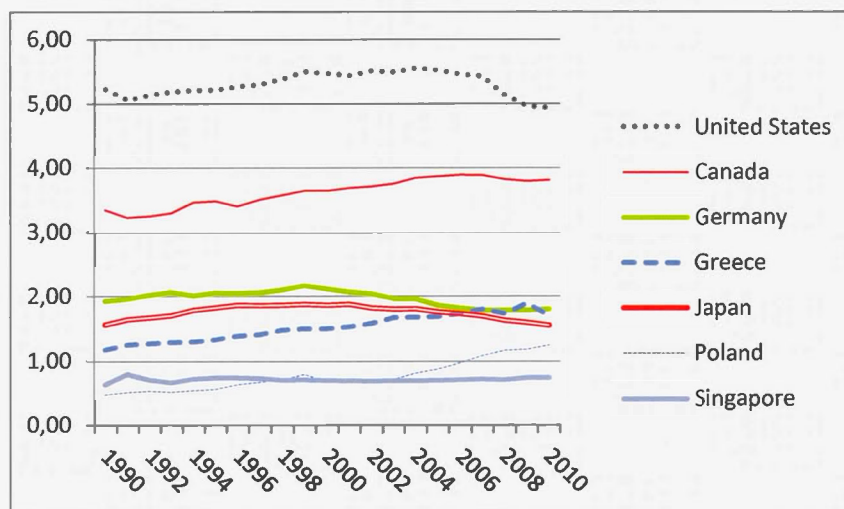
If the recent recession contributed to this decline – a cyclical factor – some structural tendencies are also clearly identifiable. For instance, total emissions generally follow an upward curve in the transition economies of Eastern Europe (Figure 3.1), a pattern also found in Canada, while in other countries such as Japan and Germany, the trend is downward. Germany displays the largest reduction among the countries under study, with an absolute decline of 17.7% of emissions from its transport sector between 1999 - at its peak - and 2009. Those results are often associated to the ecological tax reform implemented between 1998 and 2003 by the German government (Beuermann and Santarius, 2006; Speck, 2007).

But emission levels *per capita* varied significantly between countries. Levels of *per capita* emissions in the United States are the highest, followed by Canada. At the other end of the spectrum we find Singapore, whose emission levels remain both stable and exceptionally low. Despite their increase, the level of emissions *per capita* in Poland is still lower than that of Japan, Germany and Greece (Figure 3.2). However, Greece *per capita* emissions from transportation have exceeded those of Germany in 2009 (for one year).





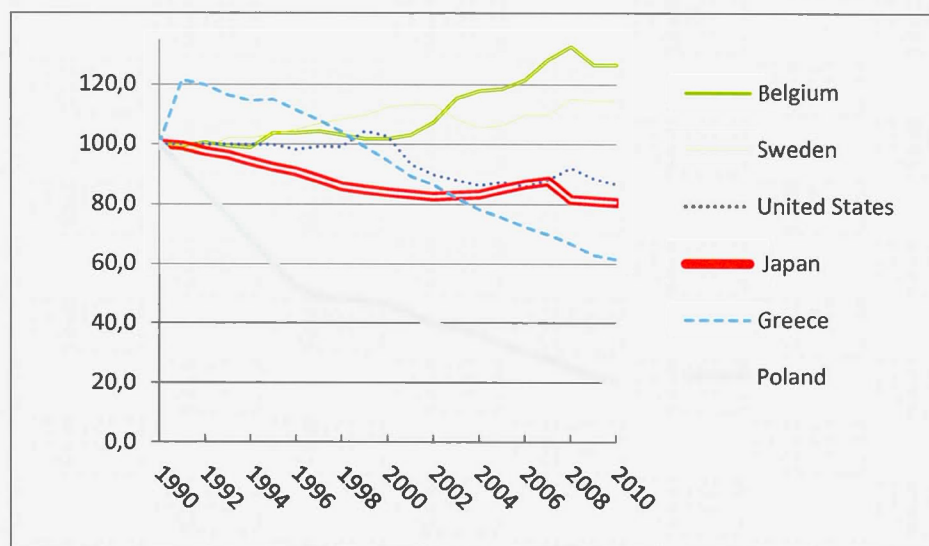
**Figure 3.1** Road GHG Emission Variations (1990 = 100).



**Figure 3.2** Road GHG Emission *per capita* in tons (metric).

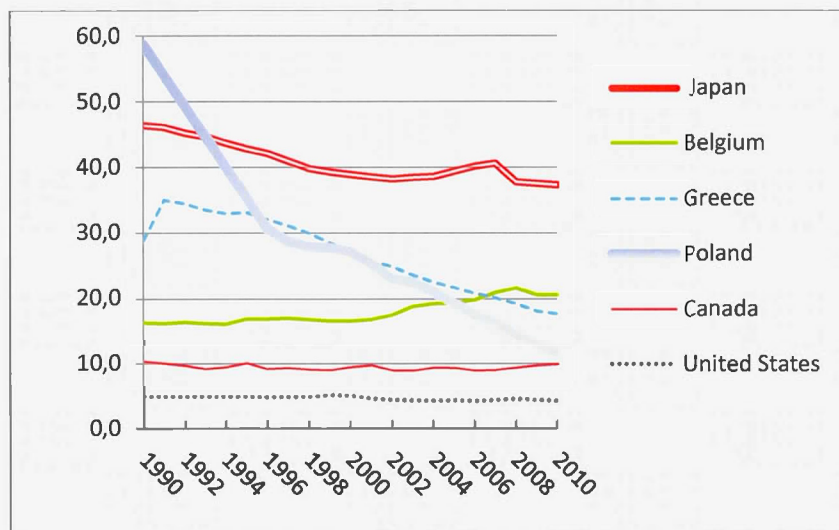
### 3.2.4 Share of road transportation other than the car

The second dependent variable examined is the percentage of trips made by alternate modes of transportation (*TA*), i.e. mainly public transit (but also active modes of transportation for certain countries like Netherlands). We present in Figure 3.3 the variation in percentage for the use of alternate modes of transportation for six countries. For Poland and Greece, there is a net trend of decline for those modes, although they are net progressions in other countries, particularly in the recent years, following a decline period.



**Figure 3.3** Variation of the share of public transit and active transportation (1990 = 100).

In Figure 3.4, we illustrate the share of travel made by alternate transportation (*TA*) in the same countries. It is still very high in Japan and particularly low in Canada and in the United States. It has progressed enough in Belgium to exceed the rates of Greece and Poland, countries where the use of public transit has been higher historically.



**Figure 3.4** Share of travel by public transit and active transportation (in % of trips).

### 3.2.5 The Gini index

The last series of regressions measure the equity impact of transport policies with the *Gini* index as the dependent variable. The *UNDP* provides the following definition for this indicator:<sup>48</sup>

Measure of the deviation of the distribution of income (or consumption) among individuals or households within a country from a perfectly equal distribution. A Lorenz curve plots the cumulative percentages of total income received against the cumulative number of recipients, starting with the poorest individual or household. The Gini index measures the area between the Lorenz curve and a hypothetical line of absolute equality, expressed as a percentage of the maximum area under the line. A value of 0 represents absolute equality, a value of 100 absolute inequality.

The next section present the independent variables use. The methodology and the results follow.

<sup>48</sup> <http://hdrstats.undp.org/en/indicators/67106.html> (site consulted august the 28<sup>th</sup>, 2011).

### 3.2.6 Choice of the independent variables

Many studies, including several using econometric methods, were used to assess the impacts of variables on fuel consumption, related GHG emissions and the use of public transportation. Transportation issues are regrouped in three categories of variables: those related to the costs of transport, socio-demographic variables and those related to land use (Bailey *et al.*, 2008; Banister, 2008). Schipper *et al.* (2000) formalized GHG emissions from the road sector (here *RGHG*) by the following:

$$(2) \quad RGHG = A * S_i * I_i * F_{ij}$$

Where  $A$  is the total travel or freight activity (in passenger or ton – kilometres),  $S_i$  represents the vector of the modal shares,  $I_i$  the energy intensity of each mode, and  $F_{ij}$  the sum of each of the fuels  $j$  used by mode  $i$ . It is known that fuel other than gasoline and diesel represents only a very small share of fuel currently consumed especially in the last few decades. Regardless of fuel consumption (i.e. considering a weighted fuel mix of gasoline and diesel), we can simplify the equation by:

$$(3) \quad RGHGPC = f(SA, KA, CR)$$

Where the *RGHGPC* is expressed per capita, *SA* is the stock (possession rate of vehicles by 100 adults), *KA* represents the annual distance traveled per adult (for all means of transportation) and *CR* is the average consumption rate of the fleet (directly related to *GHG* per km). These are the three main independent variables in the models used by Small and Van Dender (2007) and by Barla *et al.* (2009). Those three variables are function of the following structural models:

$$(4) \quad \begin{aligned} SA &= SA(KA, PVI, PKM, GDPPC, URBAN, X_{SA}) \\ KA &= KA(SA, PKM, GDPPC, URBAN, X_{KA}) \\ CR &= CR(KA, FP, RE, GDPPC, URBAN, X_{CR}) \end{aligned}$$

where *PVI* is a price index for new vehicles,  $PKM = PF/CR$  is the fuel cost per kilometre, *FP* is the price of fuel, *GDPPC* is the GDP per capita, *URBAN* is the proportion of urban population,  $X_{SA}$ ,  $X_{KA}$  and  $X_{CR}$  are exogenous variables (including constants). Finally, the

regulatory measures that directly or indirectly influence fleet-average fuel efficiency are represented by *RE*.

From equation 4, the cost per kilometre (*PKM*) can be disaggregated into consumption per kilometre (*CR*) and fuel price (*FP*). As done by Hirota and Poot (2005), rather than using fuel prices as the only price variable, we distinguish different prices that are likely to affect consumer choice whatsoever in the acquisition or the use of vehicles.

For costs associated with vehicle use, we distinguish fuel prices (*FP*), the cost of monthly parking in the main downtowns (*PM*), and estimated variable costs (*VC*) associated with the use of a truck during an average day. The variable costs considered here combines diesel fuel taxes and mileage taxes in force in several countries and an approximation of the impact of certain tolls in effect.<sup>49</sup> All costs are expressed in 2005 U.S. dollars.

The average price vehicle index (*PVI*) is widely used to reflect the costs of acquiring vehicles (Barla *et al.*, 2009). However, as shown in the previous chapter (II), this indicator does not measure the impact of policies that give preferential tax treatment to certain vehicles over others, as feebates. It is proposed to take into account the levels of taxation imposed respectively on the low-end and luxury vehicles. Thus, lower levels of taxation on small vehicles (Tax on New Vehicles of \$ 13 000, *TNV\_13k*) increase their market share, improving average efficiency of the fleet. By making more accessible the purchase of market entry vehicles, lowering those taxes would favour an increase of vehicle sales. Our study presented in the previous chapter did not determine which effect dominates. This is what we do here by assessing the impact of taxes on small vehicles (*TNV\_13k*) on *GHG* emissions.

Other main form of taxation affects the ownership of vehicles. We selected for the fixed costs indicator (*FC*) the registration fee to who are subject medium trucks. We assume that these should be fairly representative of fees charged to private vehicles, i.e. that they should be higher in countries that impose higher registration fee for truckers.

---

<sup>49</sup> It is important to note that the mileage tax in force in several countries only affect the trucking industry. However, we would reflect the costs imposed on all vehicles on Japanese highways.



The OECD provides data such as the percentage of environmental taxes relative to *GDP* for each country (*ECOTAX*). This indicator is not exhaustive (for vehicles it mainly considers license fees and omits many variable costs) and it includes other sectors such as energy and waste. It should nevertheless be expected that an average increase of the use of environmental taxes should be associated with lower *GHG* emissions per capita (*RGHGPC*) and higher use of transit (*TA*). Otherwise, it would validate the hypothesis that certain environmental taxes are misconfigured in the transport sector. The latter hypothesis would also be validated if the use of fixed costs (*FC*) tended to be associated with increased *GHG* emissions and lower use of public transport.

Considering the importance of the issue of parking (Shoup, 2005), in addition to the average monthly cost of commercial parking spaces (*PM*) mentioned above, we consider the impact of the number of parking available in the central business districts (*CBD*) for 1000 workers for the main cities (*Parking*). We also account for the transit utilization rate (*TA*) and also for a Transit Price Index (*TPI*).

Then we can assume that the purchase of larger vehicles (with a larger cylinder, *CC*) should involve an increase in *GHG* emissions. The impact on the use of public transport (*TA*) should be positive if bigger cars are associated with a higher cost per kilometre of use, or negative if a greater luxury reduces the attractiveness of mass transit.

Finally, the *GDP* per capita (*GDPPC*) and the proportion of urban population (*URBAN*) are used as control variables by Barla *et al.* (2009). We added the unemployment rate (*Unemployment*), to reflect the proportion of the population that may benefit less from the collective wealth. We obtain the following equations to explain respectively the Road *GHG* emissions per capita (*RGHGPC*) and the percentage of kilometres travelled by public transit and active modes (*TA*):

$$(5) \quad \ln(RGHGPC) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(RGHGPC_{it-1}) [\text{or } \ln(CC_{it}) \text{ or } \ln(Parking_{it}) \text{ or } \ln(PM_{it})] + \\ \alpha_2 \ln(KA_{it}) [\text{or } \ln(SA_{it}) \text{ or } TA_{it}] + \alpha_3 \ln(PTI_{it}) + \alpha_4 \ln(CR_{it}) + \alpha_5 \ln(Ecotax_{it}) + \\ \alpha_6 \ln(PVI_{it}) + \alpha_7 \ln(TNV\_13k_{it}) + \alpha_8 \ln(OIL_{it}) + \alpha_9 \ln(FC_{it}) + \alpha_{10} \ln(VC_{it}) + \\ \alpha_{11} \ln(GDPPC_{it}) + \alpha_{12} Unemployment_{it} + \alpha_{14} Urban_{it} + \alpha_{15} Trend_t + \varepsilon_{1it}$$

$$(6) \quad TA_{it} = \beta_0 + \beta_1 TA_{it-1} [\text{or } \ln(SA_{it}) \text{ or } \ln(KA_{it})] + \beta_2 \ln(TPI_{it}) + \beta_3 \ln(CR_{it}) + \beta_4 \ln(OIL_{it}) + \beta_5 \ln(Ecotax_{it}) + \beta_6 \ln(FC_{it}) + \beta_7 \ln(VC_{it}) + \beta_8 \ln(CC_{it}) [\text{or } \ln(Parking_{it})] + \beta_9 \ln(PM_{it}) + \beta_{10} \ln(GDPPC_{it}) + \beta_{11} Unemployment_{it} + \beta_{12} Urban_{it} + \beta_{13} Trend_t + \varepsilon_{it}$$

Then, we consider the Gini index as the dependent variable. Several studies have evaluated the impact of different tax policies and socioeconomic factors on social equity as measured by this indicator. Drawing on the work mentioned in the previous section (Barro, 2003; Afonzo *et al.*, 2008; Salverda, 2011), *GDP per capita* (*GDPPC*), the *Unemployment* rate and the average years of education (*EDUC*) are used as control variables.

We extend the work of Salverda (2011) to our indicators of environmental taxes with the variable cost (*VC*) and the part of the ecotax revenues in *GDP* (*Ecotax*). By taking taxes (*VC*) and in oil acquisition price (*OIL*) instead of fuel price, we distinguish effects from national fiscal policies and from the world oil market. We expect increases in oil prices (*OIL*) are more likely to be socially regressive than environmental taxes (*Ecotax* and *VC*), considering that the latter generate an income that can be used to offset their potential social impacts. We also expect that the social choice of being a society that promotes the purchase of larger vehicles (*CC*) may be socially regressive.

For all three models, the variables used are divided into the following categories: variables related to vehicle characteristics and rate of use, indicators directly related to the acquisition or use cost of vehicles, variables associated with modal choice, indicators representing the overall use of environmental taxes and, finally, socio-economic and demographic indicators.

Table 3.2 presents a description of the variables, their abbreviation and the operational sign of the expected relation those variables share with the three dependent variables (*RGHGPC*, *TA* and *GINI*). In general, we assume that variable costs (*PM*, *VC*, *FP*, *TPI*) will further affect the *GHG* emissions and transit usage than would fix costs (*FC*). We assume that the amplitude of ecotaxes should be linked to a decrease in *GHG* emissions and to a rise in transit usage given their truly effective configuration. They also should be negatively correlated to the *Gini* index when they tend to favor social equity. Note that a positive relation with the *Gini* indicator means that the independent variable increases inequity.

We also made the assumption that an increase in available parking places (*Parking*), transit fares (*TPI*), size of fleet (*SA*) and size of vehicles (*CC*) will result in higher GHG emissions, lower transit usage (*TA*) and that the societal choices on therein would result in a less equitable society.

### 3.2.7 Choice of estimation method

In order to choose the appropriate estimation methods, we have systematically conducted the following tests. First, the Lagrange multiplier test of Breush-Pagan, which detects the presence or absence of individual effects in our data. Under the null hypothesis  $H_0: \mu_i = 0$  in the regression  $\ln(Y_{it}) = \alpha + \beta \ln(X_{it}) + \mu_i + \varepsilon_{it}$  where  $\mu_i$  results from the individual effects, the test verifies that there is a common Y-intercept and therefore, no individual effect. The test helps in choosing a regression with random effects or a simple regression with the method of generalized least squares (*GLS*) if the null hypothesis is confirmed.

In the presence of individual effects, the addition of fixed or random effects must be considered. Fixed effects are equivalent to the addition of dummy variables reflecting the characteristics of the entities studied by nations. Note that this method involves the loss of  $N-1$  degree of freedom, which may yield less efficient estimated regression coefficients. As far as random effects, we assume that in most cases the individual effects follow a normal distribution  $\mu_i \sim N(0, \sigma^2)$ . We consider thereupon that the modeling error consists of the error common to a specific observation  $i$  at time  $t$  and of the error from the random Y-intercept. When the test score allows doing so, it is best to use a model with random effects because it will tend to yield estimates of higher efficiency.

The Hausman test enables to check the null hypothesis under which the coefficients estimated by means of random effects are the same as those estimated by fixed effects. If the hypothesis is confirmed, then it is better to use a model with random effects because it will tend to yield estimates of higher efficiency. Afterwards, we used the command "testparm" on STATA to see if time fixed effects are needed when running a FE model. This joint test allows us to see if the dummies are equal to 0 throughout the years. In such a case, no time fixed effects are

required. As proposed by Barla *et al.* (2009), simulations were also run with a two-stage least squares estimator (2SLS).<sup>50</sup>

### 3.2.8 Heteroscedasticity and autocorrelation

When deemed possible, we applied, within the STATA 11 software, the "robust" option in order to mitigate the potential problems of heteroscedasticity and autocorrelation of the residuals.

### 3.2.9 Endogeneity

Three sets of models correspond to our three dependent variables. In the first case, *GHG* emissions per capita in the road sector (*RGHGPC*), it is highly unlikely that the causal links can be reversed between the dependent and independent variables (or endogenous and exogenous). In the second case scenario, the portion of travel by transit and active transportation (*TA*) and the third, the *GINI* index, it is not excluded that the causal link can be reversed between certain variables. This holds true especially for *Gini* and *GDP per capita*. Barla *et al.* (2009) consider that the vehicle stock (*SA*) is influenced by travel distance (*KA*), which in turn affects vehicle stock.

The fact that some variables exceed the correlation of 70% compelled us to perform several distinct regressions with partial sub-models. This was advantageous on several occasions, as it offers the possibility of measuring one variable's impact without affecting another, while multiplying the outcomes to validate the identified trends. In the next section, we present some trends for the dependent variables and the main results that emerged during the various regressions.

---

<sup>50</sup> When the fixed-effect (FE) or 'Within' approach is adopted, it could lead to another problem linked to the inclusion of lag-dependent variables as explanatory factors. Barla *et al.* (2009, p. 393) argue "that usual estimation methods such as the fixed-effect or least-square dummy variables estimator lead to bias and inconsistent estimates for the lag dependant variable". They add that "A solution consists in treating these lagged variables as endogenous and instrumenting them along with the other endogenous variables contained in the model. The model can then be estimated using a fixed effect, two-stage least squares estimator (FE-2SLS)" In this case "all of the strictly exogenous explanatory variables and their one and 2 year lags are used as variables".

### 3.3 Results

#### 3.3.1 Road transport GHG emissions *per capita*

As a first step, we chose road transport GHG emissions *per capita* (*RGHGPC*) as the dependent variable, along the lines of Equation 5. The independent variables with a correlation of 0.70 or higher were used in separate regressions. We also face the constraint of avoiding variable combinations that substantially reduce the sample size. In Table 3.4, we present the results of six regressions, with the method used in each case. Lags of one (t-1) or two years (t-2) are allowed.

We can identify three main results. Firstly, ecological taxation, to be efficient, need to focuses on variable costs. Two indicators related to fixed costs (*FC* and *Ecotax*) show a positive relation (statistically significant at 0.01) with *road GHG per capita* (*RGHGPC*). This means that green taxation on fixed costs is not only inefficient but counterproductive. At the opposite, the relation is negative between GHG emissions and two indicators relative to user costs: *Oil* price and variable costs (*VC*), which include fuel taxes and road pricing for trucks (respectively significant at 0.01 and 0.1). The average parking monthly charges (*PM*) has no measurable incidence.

Secondly, other price related variables present equally interesting results: the average price vehicle index (*PVI*) does not present a significant statistical correlation to GHG emissions, but an increase of 10% on the taxation of low cost vehicles (*TNV\_13k*) tends to reduce by 1.4% GHG emissions (statistically significant at 0.01). This could lead up to three conclusions: 1) that the *PVI* may not be a good indicator, at least to explain GHG emissions; 2) that the improvement in energy efficiency of the fleet due to a decrease in the taxation of low cost vehicles (see chapter II) seems to be offset by the increase in car fleet that it induces and 3) that the price and taxation of low cost vehicles - that could be consider as market entry vehicles - could represent more reliable indicators than the *PVI*, at least to explain global GHG emissions. This also completely invalidates the conclusion made by BenDor and Ford (2006) who anticipated that a feebate system would reduce overall vehicles sales.



**Table 3.4** Dependent Variable: *Road GHG per Capita (RGHGPC)*

	1	2	3	4	5	6
	ln_rghgpc	ln_rghgpc	ln_rghgpc	ln_rghgpc	ln_rghgpc	ln_rghgpc
	i.year, re	fe robust	i.year, fe	re robust	2SLS fe	2SLS i.year fe
RGHGPC <sub>i,t-1</sub>					0.605***	0.647***
KA	0.117***					0.224**
SA		0.305**			0.0524	
TA			-0.00836***	-0.0133***		
TPI	-0.0711*	-0.00380			0.0239	
Parking	0.104*					
Parking <sub>i,t-2</sub>						0.261***
PM		0.00923				
OIL	-0.455***	-0.0311*	-0.200***	-0.00575	-0.0107	-0.0573
VC			-0.0243*		0.00102	
FC			0.0478***	0.0657**	0.0229***	0.0194
Ecotax	-0.00119	0.0886***	0.0852***	0.0642**	0.0412***	0.0121
PVI			0.0168	-0.00440		
TNV_13k				-0.140***		
CR	0.775***	0.275***	0.448***	0.270*	0.224***	0.292***
CC	0.309***					
Unemployment	-0.00339*	-0.00966***	-0.00430*	-0.00786***	-0.00147	-0.00264
GDPPC	-0.125*	0.142	0.445***	0.445***	0.230***	0.0613
Urban	0.00581**	-0.00283	-0.00588	-0.00378	-0.00290	0.00410
_cons	-2.440**	-2.348**	-3.379***	-2.737**	-2.674***	-4.668***
N	220	169	252	131	256	139
R-Sq	0.784	0.645	0.661	0.755	0.894	0.895
R-Sq overall	0.774	0.576	0.648	0.710	0.913	0.903
					Wald	Wald
					chi2(11) =	chi2(10) =
					172600	170130
Fisher and Wald tests	Wald chi2(30) = 680.43		F(22,201) = 28.20	Wald chi2(10) = 326.99	F(28,216) = 5.52	F(28,213) = 5.76

Standard errors: \* p<0.10, \*\* p<0.05, \*\*\* p<0.01. A 2 years lag is use with one simulation with the parking variable.

Thirdly, more emphasis should be made on the parking issue to reduce GHG emission in the road sector. Hence, a decrease of 10% of the number of parking spaces available per 1000

workers in central business districts will result in GHG emission reductions between 1.0% and 2.6% (at 0.05 and 0.01)<sup>51</sup>.

Mainly, the other variables perform as anticipated: An increase in car stock per adult (*SA*), in the vehicle mileage per adult (*KA*), in the consumption rate (*CR*) or in the average engine capacity for new vehicles, *CC*, (at 0.01) are significantly related to *RGHGPC* (at respectively 0.05 for the first one and 0.01 for the three others). Thus, one might expect a possible 10% decline in the number of vehicles that could induce a reduction of 3.1% of GHG emissions from road transport. Also as predicted, the GHG emissions are slightly reduced by an increase mode share by transit and by active transportation, *TA* (at 0.01). In our results an increase in public transport fares (transit price index, *TPI*), contributes to reduce GHG emissions (at 0.1). Improvements in the quality of service could overcome the effects of transit fares increases.

For the socio-demographic variables, a 10% increase in GDP *per capita* (*GDPPC*) induces a strong increase in road GHG per capita (from 2.3 to 4.5%, at 0.01), while an increase in the unemployment rate (*unemployment*) slightly reduce them. Also, the urban population (*Urban*) is positively correlated to GHG.

The results of the first set of regressions all yield a relatively high  $R^2$ , ranging from 0.576 to 0.913 and the models are all significant (at the threshold of 0.05). In the next section, we present regression results with the modal choice (*TA*) as the dependent variable.

### 3.3.2 Modal choice (*TA*)

Series of results are presented in Table 3.5. Our comments follow.

---

<sup>51</sup> In the case of the downtown parking monthly charge for cars (*PM*), it could be argued that some people could avoid the parking charge while increasing their travel distance, for example by going to a suburban shopping centre. Our result doesn't reveal the overall effect.

**Table 3.5** Dependent Variable: the modal choice (*TA*)

	1	2	3	4	5	6
	i.year, re	re robust	i.year, re	i.year, fe	2SLS FE	2SLS FE
$TA_{i,t-1}$					0.680***	0.622***
KA			-5.057***			
SA		-18.13***		-14.42***		
Parking	-6.637***					
$Parking_{i,t-1}$						1.823
TPI	-0.955	-2.760	-7.258***	-2.771***	-1.833	1.447
Oil	6.356***	0.529			0.781*	1.515
VC		-0.168	0.202	0.962***		
$PM_{i,t-1}$		2.153***			1.486**	
FC			-0.261			-0.875***
Ecotax	0.834***		0.187			
CR			-0.00401		-1.305	1.526
CC			-13.84***	-2.524		
Unemployment	0.172***	-0.123*	0.00403	-0.114**	-0.0459	-0.0193
GDPPC	-2.878*	-2.070	0.843	-7.902***	-1.938	-6.888***
Urban	-0.252***	0.305***		-0.204***	-0.0755	-0.0270
_cons	77.71***	88.76***	190.9***	191.7***	30.71	53.08**
N	270	145	191	369	145	143
R-sq	0.444	0.356	0.400	0.653	0.426	0.819
R-sq overall	0.456	0.745	0.439	0.223	0.951	0.786
Tests Fisher & Wald	Wald chi2(27)= 196.06	Wald chi2(8)= 182.41	Wald chi2(21)= 120.34	F(27,322)= 22.48	Wald chi2(8)= 88152 F(32,104)= 1.87 Prob > F = 0.0098	Wald chi2(21)= 170714 F(18,103)= 6.34

Standard errors: \*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ .

Here, the results can be grouped into three parts. First, the green taxation indicators related to fixed costs (*FC*) presents negative correlation with the use of public transit (at 0.01), while the three indicators related to variable costs (*Oil* price, variable cost *VC* and parking price monthly *PM*, at respectively 0.01, 0.01 and 0.05) and the *Ecotax* indicator (at 0.01) all present a positive correlation on transit use. As expected, the price of public transit (*TPI*) is correlated to a reduction of transit use (at 0.01). A doubling of transit price will reduce their share from 2.8 to 7.3%.

Second, the car culture is clearly in opposition to the use of public transit and active modes of transportation. As anticipated, any increase in the rate of car ownership (*SA*) or in mileage traveled (*KA*) induces a significant decrease in the use of public transit (both at 0.01). The number of parking spaces per 1000 workers in CBD (*Parking*) is also negatively correlated with the use of public transport *TA* (at 0.01). Thus, one might expect that, *ceteris paribus*, a doubling in the number of parking spaces in the downtown areas of major cities induces a 6.6% decrease in the use of public transport at the national level. There is no correlation between the fleet consumption rate (*CR*) and the public transit use, but a 10% increase in the average engine capacity, *CC*, (at 0.01) is associated to a 1.4% reduction in public transit share. This means that more new luxury vehicles reduce alternate transportation attractiveness. Finally, increases in *GDP per capita* (*GDPPC*) is associated with a decrease in the transit use (*TA*, at 0.01). The results for the *unemployment* rate and the *Urban* variable are not probants.

The results of the second set of regressions are based on  $R^2$  ranging from 0.223 to 0.951 and the models are all significant (at the threshold of 0.05%).

### 3.3.3 Gini index

The last series of regressions measure the equity impact of transport policies with the *Gini* index as the dependent variable. A series of results is presented in Table 3.6. The discussion around the main results follows.

Table 3.6 Dependent Variable: the *Gini index*

	1	2	3	4	5	6
	i.year , re	i.year , re	re robust	2SLS i.year, fe	2SLS re	2SLS i.year, re
Gini <sub>i,t-1</sub>				0.503***	0.993***	1.008***
TA		-0.211***	-0.0129	-0.0137		0.00421
Ecotax	-1.481***	-3.270***	-1.360**	-0.625**	0.0210	0.0786
VC	-0.572**	-0.543	-0.569**	-0.372	-0.141	
VC <sub>i,t-1</sub>						-0.188**
FC			-0.578		-0.139	
Oil	-0.667		0.266	-0.797	0.107	-0.335
Oil <sub>i,t-1</sub>		7.667**				
CC	6.199***	6.996**	2.663	0.794	-0.384	-0.357
GDPPC	-5.937***	-3.303**	-2.749	-2.159*	0.455	0.263
Unemployment	-0.0223	-0.110	0.0544	0.0624*	0.0575***	0.0592***
Edu	-4.628**	-12.69***	-4.229	0.532	-0.474	0.0167
_cons	64.85***	28.44	54.97	34.88**	-0.257	0.319
N	287	284	186	235	172	235
R-Sq	0.321	0.111	0.161	0.553	0.574	0.572
R-Sq overall	0.455	0.558	0.519	0.938	0.990	0.991
Fisher and Wald tests	Wald chi2(27) = 129.99	Wald chi2(27) = 323.64	Wald chi2(9) = 22.22 2	Wald chi2(26) = 747753	Wald chi2(9) = 13275.	Wald chi2(26) = 23702

Standard errors: \* p<0.10, \*\* p<0.05, \*\*\* p<0.01.

The main results are as follow. Some societal transportation choices seem to share a correlation with wealth redistribution. Countries where cars are larger as represented by the average cylinder size of the new vehicles (*CC*, at 0.01) are correlated to increasing inequalities, as measured by the GINI index (at 0.05). At the opposite, the shares of active transportation and public transit (*TA*) are associated with reduce inequalities, based on the GINI index (at 0.05). A society in which travel modes other than cars are promoted tends to increase the relative wealth of the less affluent. But no significant trends were found with fixed cost (*FC*).



Our main finding here concerns the social impacts of green taxation versus of oil price rises. As it is well known, one of the main objections to environmental taxes is the fear associated with their underlying social impact. Our results convey a quite different reality:

- Countries with more environmental taxation (*Ecotax* and variable costs, *VC*) tend to feature less social inequalities (at 0.01 for the *ecotax* variable and 0.10 for the others).
- Finally, an increase in the *OIL* prices tends to go with growing inequity (at 0.05). For a doubling of *OIL* prices, the Gini index will increase by 7.7%, for example passing from 0.300 to 0.377.

Concerning control variables, our results are in line with economic literature. The strongest tool to reduce inequalities, as measured by the GINI index, seems to be the improvements in the average years of education (*EDU*, at 0.01). An increase in the GDP *per capita* (*GDPPC*) will not necessarily result in more social equity, at least if we rely on our results, while an increase in the *UNEMPLOYMENT* rate may worsen the situation for lower income earners (at 0.01).

The last set of regressions (with the *GINI* index) proved weaker. The results of the last set of regressions are based on  $R^2$  ranging from 0.111 to 0.938 and the models being all significant (at the threshold of 0.05%). The results should therefore be interpreted with caution.

### 3.4 Conclusion

Our regressions results are based with panel data from 37 countries, covering 21 years. The three sets of regressions in this study have identified several variables affecting the following dependent variables: 1) GHG emissions from road transport *per capita*, 2) the share of passenger-kilometres travelled with public transit and active transportation and 3) an estimate of the impact of policies on the social redistribution of wealth (with the *Gini* index). We now present the key findings:

Firstly, to achieve ecological goals with efficiency, ecological taxation needs to focus on variable costs. Policies raising fixed costs per vehicle (*FC* and *Ecotax*) show an increase in road GHG per capita and a reduction in the use of public transit and active transportation. In contrast, numerous factors tend to decrease transportation GHG emissions and increase the use of public transit and active transportation: increases in the price of imported oil<sup>52</sup> or of final fuel, increases of the average parking monthly charges and other variable costs which include fuel taxes and road pricing for trucks). This should confirm that efficient deployment of green taxation must be based on variable costs instead of fixed ones. Our results support the conclusion of Kunert and Kuhfeld (2006) who recommend, in their study on European countries, to abolish registration taxes within a ten-year period and to assess taxes—at least partially—on the basis of carbon dioxide emissions.

Secondly, a decrease in the taxation of low cost vehicles does improve energy efficiency of the vehicle fleet, but this gain seems to be more than offset by the increase in car fleet that it induces. The fact that reduced taxation of the low cost vehicles is correlated with an increase in GHG emissions should encourage us to avoid policies that move in that direction. It could affect the design of feebate systems. A solution could be to dedicate the revenues from special taxation of polluting vehicles to other options, such as support for electric vehicles, or support of public transit.

Thirdly, a reduction in the parking supply or an increase in parking costs contribute to reduce transportation GHG emissions and to an increase public transit use. Considering the high coefficients of those relations, we can say that the parking issue could be a cornerstone of policies aimed at simultaneously reducing greenhouse gas emissions and congestion, while trying to promote public transit. The reduction in the supply of parking spaces and a fair regional pricing are a real challenge for sustainable transportation. Our data do not allow us to compare the proportion of workers who have to pay for their parking at work, but the effectiveness of a measure such as *parking cash out* has already been proven (Shoup, 1997; Lefebvre, 2012).

---

<sup>52</sup> A doubling of *oil* prices implies an increase of 7.67 of the Gini index. If the latter is 30.00, for example, it will increase to 37.67. We recognize that this increase is high and should be considered very approximate.

Fourthly, the regressions taking the *GINI* index as the dependent variable show that increase in various environmental taxes is often associated to more equitable societies. If one of the arguments against the establishment of green taxes is the fear that they could prove socially regressive, our results suggest that this fear seems unfounded. In contrast, the increase in oil prices that are not the result of taxation clearly shows a strong regressive impact on the population. Increases in international oil prices have negative effects, directly or indirectly through the impact on the whole economy, which are stronger on the poorest citizens while governments do not have the revenues that come with the fuel tax to finance the adoption of compensatory policies.

A *business as usual scenario* with no implementation of environmental taxes and with an increase in oil prices could represent the worst case from a social equity perspective. Moreover, the adoption of policies, including environmental taxes, that aims to reduce vehicles stocks, the space dedicated to parking and the average cylinder size while promoting public transit, will tend to be socially progressive. Those policies will tend to be more efficient to reduce GHG emissions and increase transit ridership if there is an increase in environmental taxation on variable costs instead that on fixed ones. These policies should avoid increasing the accessibility of vehicles to the first car buyers. However, further studies could better determine the environmental and social impacts of specific measures on the stock of vehicles, their typical use and their energy efficiency.

## References

- Afonso, A., L. Schuknecht and V. Tanzi (2008), *Income Distribution Determinants and Public Spending Efficiency*. Working paper series, No. 861 / January, 53 p. This paper can be downloaded without charge from <http://www.ecb.europa.eu> or from the Social Science Research Network electronic library at [http://ssrn.com/abstract\\_id=1083986](http://ssrn.com/abstract_id=1083986).
- Anas, A. and G. R. Timilsina (2009), *Impacts of Policy Instruments to Reduce Congestion and Emissions from Urban Transportation The Case of São Paulo, Brazil*, Policy Research Working Paper 5099, The World Bank, Development Research Group, Environment and Energy Team, September, WPS5099, 28 p.
- Association mondiale de la route [AMR] (2009), *La tarification en tant qu'instrument de financement et de régulation, dans une optique d'équité*. Comité technique AIPCR 1.1 Aspects économiques des réseaux routiers, France, 157 p.
- Bailey, L., P. L. Mokhtarian and A. Little (2008), *The Broader Connection Between Public Transportation, Energy Conservation and Greenhouse Gas Reduction*, February, Requested by: American Public Transportation Association, Submitted by: ICF International, Transit Cooperative Research Program, Transportation Research Board, 29 p.
- Banister, D. (2008), "The Sustainable Mobility Paradigm", *Transport Policy*, vol. 15, no. 2, pp. 73-80.
- Barla, P., B. Lamonde, L. F. Miranda-Moreno and N. Boucher (2009), "Traveled Distance, Stock and Fuel Efficiency of Private Vehicles in Canada: Price Elasticities and Rebound Effect", *Transportation*, no. 36, pp. 389-402.
- Barro, R. J. (2000), "Inequality and Growth in a Panel of Countries", *Journal of Economic Growth*, 5 (1), pp. 5-32.
- Barro, R. J. (2003), "Determinants of Economic Growth in a Panel of Countries", *Annals of Econ. and Finance*, Vol. 4, pp. 231-274.
- BenDor, T. and A. Ford (2006), "Simulating a Combination of Feebates and Scrappage Incentives to Reduce Automobile Emissions", *Energy*, 31. pp. 1197-1214.
- Beuermann, C. and T. Santarius (2006), "Ecological Tax Reform in Germany: Handling Two Hot Potatoes at the Same Time", *Energy Policy*, 34, pp. 917-929.
- Bréchet, T. et P. Van Brusselen (2007), « Le pic pétrolier : un regard d'économiste », *Reflets et perspectives de la vie économique*, no 4, Tome XLVI, pp. 63-81.
- Bruno, M., M. Ravallion and L. Squire (1998), "Equity and Growth in Developing Countries: Old and New Perspectives on the Policy Issues", in Vito Tanzi and Ke-young Chu, *Income distribution and high-quality growth*, chapter 5, pp. 117-146.
- Chen, C., D. Varley and J. Chen (2010), "What Affect Transit Ridership? A dynamic analysis involving multiple factors, lags and asymmetric behaviour", *Urban Studies*, pp. 1-16.
- Davis, W. B., M. D. Levine, K. Train and K. G. Duleep (1995), *Effects of Feebates on Vehicle Fuel Economy, Carbon Dioxide Emissions, and Consumer Surplus*, Technical Report

Two of Energy Efficiency in the U.S. Economy, US DOE Office of Policy, DEO/PO-0031, 138 p.

De Almeida, P. and P. D. Silva (2009), "The Peak of Oil Production - Timings and Market Recognition", *Energy Policy*, no. 37, pp. 1267-1276.

Derycke, P.-H. (1997), *Le péage urbain : Histoire-analyse-politiques*, Édition Économica, 205 p.

Derycke, P.-H. (2000), « Mobilité, congestion, péage. Réflexion sur les politiques de réduction de l'encombrement urbain », *Revue d'économie régionale et urbaine*, No 1, pp. 157-168.

Edlin, A. S. and P. K. Mandic (2006), "The Accident Externalities from Driving", *Journal of Political Economy*, no. 14 (5), pp. 931-955.

Espey, M. (1996), "Watching the Fuel Gauge: An International Model of Automobile Fuel Economy", *Energy Economics*, Vol. 18, pp. 93-295.

Espey, M. (1998), "Gasoline Demand Revisited: An International Meta-Analysis of Elasticities", *Energy Economics*, Vol. 20, pp. 273-295.

European Commission (2003), "EUR 20198 — External Costs, Research results on socio-environmental damages due to electricity and transport", Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 24 pp, ISBN 92-894-3353-1, disponible sur [www.externe.info/externpr.pdf](http://www.externe.info/externpr.pdf)

Ezcurra, R. (2007), "Is Income Inequality Harmful for Regional Growth? Evidence from the European Union", *Urban Studies*, Vol. 44, No. 10, pp. 1953-1971.

Fields, G. S. (1989), "Change in Poverty and Inequality in Developing Countries", *World Bank Res Obs.*, 4 (2), pp. 167-185.

Fronzel, M. and C. Vance (2011), "Rarely Enjoyed? A Count Data Analysis of Ridership in Germany's Public Transport", *Transport Policy*, 18, pp. 425-433.

Greene, D. L., P. D., Patterson, Singh, M. and Li, J. (2005), "Feebates, Rebates and Gas-Guzzler Taxes: A Study of Incentives for Increased Fuel Economy", *Energy Policy*, vol. 33, no. 6, April, pp. 757-775.

Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat [GIEC] (2007), *Résumé à l'intention des décideurs. Changements climatiques 2007 : Les éléments scientifiques, Contribution du Groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation du GIEC*, 18 p (voir aussi contribution du Groupe de travail II et III).

Himanen, V., M. Lee-Gosselin and A., Perrels (2004), "Impacts of Transport on Sustainability: Towards an Integrated Transatlantic Evidence Base". *Transport Reviews*, vol. 24, no. 6, pp. 691-705.

Hirota, K. and J. Poot (2005), "Taxes and the Environmental Impact of Private Car Use: Evidence from 68 Cities", chap. 15 of Reggiani, A. and L. A. Schintler Ed. *Methods and Models in Transport and Telecommunications*, Springer Berlin Heidelberg, pp. 299-317.



International Energy Agency [IEA] (2009), *CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion Highlights (2009 Edition)*, IEA Statistics, 123 p.

Jaensirisak S., M. Wardman, and A. D. May (2005), "Explaining Variations in Public Acceptability of Road Pricing Schemes", *Journal of Transport Economics and Policy*, Volume 39, Part 2, May, pp. 127–153

Johnson, K. C. (2006), "Feebates: An Effective Regulatory Instrument for Cost-Constrained environmental policy", *Energy Policy*, 34, pp. 3965–3976.

Kunert, U., and H. Kuhfeld (2006), *The Diverse Structures of Passenger Car Taxation in Europe and the EU Commissions Proposal for Reform*, DIW Berlin, German Institute for Economic Research, Discussion papers 589, 22 p.

Lefebvre, J.-F. (2012), « *Stratégie intégrée et pacte social pour des transports urbains durable* », Book chapter, *Métropoles des Amériques : Inégalités, conflits et gouvernance*, PUQ, 357 p (pp. 225-236).

Lefebvre, J.-F., Y. Guérard et J.-P. Drapeau (1995), *L'autre écologie : Économie, transports et urbanisme, une perspective macroécologique*, Éditions MultiMondes - GRAME, 370 p.

Litman, T. (2006), "Transportation Market Distortions", *Berkeley Planning Journal*, no 19, pp. 19-36.

Maghelal, P. (2011), "Investigating the Relationships Among Rising Fuel Prices, Increased Transit Ridership, and CO<sub>2</sub> Emissions", *Transportation Research Part D*, no.16, pp. 232-235.

McManus, W. (2007), *Economic Analysis of Feebates to Reduce Greenhouse Gas Emissions from Light Vehicles for California*, Munich Personal RePEc Archive, University of Michigan Transportation Research Institute, May, 53 p.

Michaelis, L. and O. Davidson (1996), "GHG Mitigation in the Transport Sector", *Energy Policy*, no. 24 (10/11), pp. 969-984.

Newman, P. and J. Kenworthy (1989), *Cities and Automobile Dependence, an International Sourcebook*, Angleterre, Gower Publishing Company Limited, Hants, 388 p.

OCDE (2006), *L'économie politique des taxes liées à l'environnement*, Éditions OCDE, Paris, 215 p.

Poudenx, P. (2008), "The Effect of Transportation Policies on Energy Consumption and Greenhouse Gas Emission from Urban Passenger Transportation", *Transportation Research Part A*, 42, pp. 901–909.

Prades, J., R. Loulou and J.-P. Waaub (1998), *Stratégies de gestion des gaz à effet de serre. Le cas des transports urbains*, Presses de l'Université du Québec, Montréal, Québec, Canada, 277 p.

Proost, S., and K. Van Dender (2001), "The Welfare Impacts of Alternative Policies to Address Atmospheric Pollution in Urban Road Transport", *Regional Science and Urban Economics*, vol. 31, no. 4, pp. 383-411.

- Rietveld, P. (2006), "Pricing in Transport; a Multimodal Perspective. An introduction", *European Transport \ Trasporti Europei*, no 32, pp. 1-4.
- Romero-Jordàn, D., P. del Río, M. Jorge-García, M. Burguillo (2010), "Price and Income Elasticities of Demand for Passenger Transport Fuels in Spain", *Energy Policy*, Vol. 38, pp. 3898-3909.
- Salverda W., editor (2011), *Inequalities' Impact GINI State of the Art Review 1*, 193 p. [www.gini-research.org](http://www.gini-research.org).
- Schade, J. and B. Schlag (2003), "Acceptability of Urban Transport Pricing Strategies", *Transportation Research Part F*, 6, pp. 45-61.
- Schipper, L., C. Marie-Lilliu and R. Gorham (2000), *Flexing the Link Between Transport and Greenhouse Gas Emissions, A Path for the World Bank*, International Energy Agency, Paris, 54 p.
- Shoup, D. C. (1997), "Evaluating the Effects of Employer-Paid Cashing Out Parking: Eight Case Studies", *Transport Policy*, Vol. 4, No. 4, pp. 201-216.
- Shoup, D. C. (2005), *The High Cost of Free Parking*, American Planning Association, Chicago, 733 p.
- Small, K. A. (2004), "Road Pricing and Public Transport", chapter 6 of Santos, G., *Road Pricing: Theory and Evidence, Research in Transportation Economics*, Volume 9, pp. 133-158.
- Small, K. A. and E. T. Verhoef (2007) *The Economics of Urban Transportation*, Routledge, 276 p.
- Small, K. A. and K. Van Dender (2007a), "Fuel Efficiency and Motor Vehicle Travel: The Declining Rebound Effect", *Energy Journal*, vol. 28, no 1, pp. 25-51.
- Speck, S. (2007), *Resource Productivity, Environmental Tax Reform and Sustainable Growth in Europe. Differences in ETR between CEEC and Germany / UK*, Working paper, 27 p.
- Sterner, T. (2007), "Fuel taxes: An Important Instrument for Climate Policy", *Energy Policy*, 35, pp. 3194-3202.
- Van Goeverden, C., P. Rietveld, J. Koelemeijer and P. Peeters (2006), "Subsidies in Public Transport", *European Transport \ Trasporti Europei*, No 32, pp: 5-25.
- Vickrey, W. (1968), "Automobile Accidents, Tort Law, Externalities and Insurance: An Economist's Critique", *Law and Contemporary Problems*, No 33, pp. 464-470.
- Wassmer, R.W. (2008), "Causes of Urban Sprawl in the United States: Auto Reliance as Compared to Natural Evolution, Flight from Blight, and Local Revenue Reliance", *Journal of Policy Analysis and Management*, vol. 27, pp. 536-555.
- Wooldridge, J. (2002), *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, Cambridge: MIT Press.

## CHAPITRE IV

### URBAN TRANSPORTATION POLICY ALTERNATIVES TO REDUCE GHGS AND CONGESTION: AN EMPIRICAL CANADIAN STUDY

#### Abstract

In this paper, we assess the welfare impact of various policies aimed at reducing the costs associated with congestion and greenhouse gas (GHG) emissions. To do this, we apply to the Montreal metropolitan area the trinomial logistic model of Anas and Timilsina (2009) on modal choices. We conducted simulations under various scenarios. We obtained three main results. First, our simulations show that improving the supply of public transport generates gains, but these gains can be offset by increased car use, induced by the expansion of road network and improved energy efficiency of vehicles. Second, a decrease in automobile use, which will be in our model of 12.4% for an increase of one dollar a litre of gasoline prices, could easily see its effect nearly cancelled in a scenario combining highway expansion, improvement of energy efficiency and reduction of public transport services. Third, we demonstrate that the transfer of fixed costs into variable ones and the implementation of parking cash out could be complementary to the addition of environmental taxes intended to finance the improvement of public transport. Moreover, these two measures can help prevent a marked loss of social welfare, particularly for the less fortunate classes. Simulations combining several of these measures with higher oil prices can anticipate reductions in rates of car use ranging from 23.8% to 42.5% and of GHG emissions from 40.0% to 52.2%, while public transit use will increase by 50.4% to 89.6%.

**Keywords:** *Transport Externalities, Green taxes, Parking, GHG, Montreal*

#### Résumé

*Dans cet article, nous évaluons les impacts sur le bien-être social de différentes politiques visant à réduire la congestion et les émissions de gaz à effet de serre. Pour ce faire, nous appliquons à la région métropolitaine de Montréal le modèle logistique trinomial d'Anas et Timilsina (2009) portant sur les choix modaux. Nous procédons à des simulations selon divers scénarios. Nous obtenons trois principaux résultats. Premièrement, nos simulations démontrent qu'une amélioration de l'offre des transports collectifs génère des gains qui peuvent être annulés par une hausse de l'utilisation de l'automobile qui serait induite par l'expansion du réseau routier ainsi que par l'amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules. Deuxièmement, une hausse d'un dollar du prix de l'essence qui induit, dans notre modèle, une baisse de 12,4% de l'usage de l'automobile, voit son effet facilement annulé dans un scénario combinant expansion routière, amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules et réduction des services de transports collectifs. Troisièmement, nous démontrons que le transfert des frais fixes en frais variables ainsi que la mise en œuvre du parking cash out pourraient s'avérer des compléments optimaux à l'ajout d'écotaxes destinées à financer l'amélioration de l'offre de transports collectifs. De plus, ces deux mesures peuvent contribuer à éviter une perte marquée du bien-être social, particulièrement pour les classes moins favorisées. Des simulations combinant plusieurs des mesures décrites à une hausse du prix du pétrole permettent d'anticiper des réductions des parts de l'auto dans les déplacements allant de 23,8% à 42,5% et des émissions de GES de 40,0% à 52,2%, tandis que les transports publics verraient leur achalandage croître de 50,4% à 89,6%.*

**Mots clés:** *externalités, transports, taxes vertes, stationnement, gaz à effet de serre, Montréal*

#### 4.1. Introduction to the transport problem: a Montreal perspective

Global warming and the future oil shortage are major concerns that will reconfigure the energy priorities in our cities for the rest of this century (GIEC, 2007; Rubin, 2009). There are also local concerns, such as air quality (Proost and Van Dender, 2001) and traffic congestion (Derycke, 1997 and 2000; Proost and Van Dender, 2008). Cities and regional governments have a key role to play in those issues. Like hundreds of others, the city of Montreal has already committed itself to reduce its GHG emissions. In terms of population, Montreal is the largest city in the province of Quebec and the second in Canada, after Toronto.<sup>53</sup>

The most significant policy on this issue is the commitment made by the Quebec government in 2012 to reduce provincial emissions by 25% by 2020, relative to 1990 levels<sup>54</sup>. This is the strongest commitments from a North American government. Transportation directly emits 42.5% of the provincial GHG in 2010 and its emissions increased by 27.9% from 1990 to 2010. A large part of future emission reductions must come from the transportation sector, because total electricity production already comes from low carbon-emitting sources, mainly hydroelectricity (MDDEP, 2013).

Nevertheless, we are still very far from reaching governmental goals for GHG emissions reductions in the transport sector, and congestion indubitably remain a problem. In fact, studies made for the *Quebec Ministry of Transport* evaluated the yearly costs of traffic congestion in the Montreal regional area at peak hours at 1,423 \$M in 2003 (Joubert *et al.* 2009), which represented a significant increase from the previous evaluation of 779 \$M in 1998 (Gourvil and Joubert, 2004). We can therefore question whether the markets currently function in a truly optimal way. Previous literature has demonstrated that the presence of external costs not borne by users leads to the acquisition of less energy efficient vehicles (Green *et al.*, 2005; Johnson, 2006). It also promotes the vehicle ownership

---

<sup>53</sup> Montreal's metropolitan area has a population of 3,012 million inhabitants (age 15 years and older), which represents nearly half of Quebec's provincial total. Out of this, 1,714 million are considered as the active population (Statistics Canada website, 2006 census).

<sup>54</sup> <http://urbabillard.wordpress.com/2013/11/15/le-quebec-et-la-lutte-aux-changements-climatiques/>



rate and a mileage higher than what is considered optimal (European Commission, 2003; OECD, 2006), as well as costs related to traffic congestion (Derycke, 1997 and 2000; Calthrop *et al.*, 2000).

Himanen *et al.* (2004) review more than a hundred studies conducted during the previous three years in the field of transport, in Europe, the United States and Canada. They drew the following conclusions: It is recognized that pricing, including the internalization of external costs, should be the basis to move toward sustainable transport, but the design of such policies is still a challenge in terms of research. For instance, studies on the application in Quebec and Canada (Marbek Resource Consultants, 2005) are only for certain measures, with limited cases, and very few combinations of measures.

Much of the challenge will rest on how the measures will be configured and presented and how the benefits will be perceived by the population and local actors (Jaensirisak *et al.*, 2005). Amongst their opposing arguments, there are notable concerns about their effectiveness, what is perceived as an increase in the tax burden, and their impact on social equity (OCDE, 2001; OCDE, 2006).

In a study for the World Bank, Anas and Timilsina (2009) applied to São Paulo an aggregated model of mode choice in commuting. Their model evaluates the potential impact of certain policies on modal choices for different income levels. Their study takes into account the modal split between different income classes. However, it infers that the average distance traveled is identical for all commuters and that a similar proportion of people travel by car as a passenger, regardless of their income.

This last hypothesis contradicts Litman (2002, 2005, 2008 and 2009), who has shown a positive correlation between driver incomes and the mileage they travel annually by car. He recommends, like others such Edlin (1999 and 2006) and Kunert and Kuhfeld (2006), for States to foster the transfer of fixed charges as variable costs (*pay-as-you-drive*). Shoup (1997 and 2005) analyzes the impact of transferring to employees the costs associated with parking (*parking cash out*), but without addressing the issue of the impact by income, although he describes fairly well the different options for employers and governments.



Those studies show the importance of travelled distance and of employees' parking costs. These aspects are also considered in our research.

In the present study, we apply the model used by Anas and Timilsina (2009) to the case of the Montreal metropolitan area. We have adapted it to reflect the differences in mode share amongst income classes, as well as differences in travel distances for the percentage of trips made by car as passengers. We also extended the model to distinguish between the social welfare impact of an increase in fuel cost resulting from a rise in gasoline taxation or in oil prices. Other formulas have been added to the model to include new measures in the analysis, such as parking cash out and adding an estimate of private costs associated with the choice of owning a vehicle.

More extensively, our study includes an analysis of the potential social impact of a "business as usual" strategy under oil price increase and what combination of measures could maximally reduce GHG emissions while improving social welfare.

The paper is structured as follows. In section 4.2 we present our methodology (4.2.1), the key data and the model parameters (4.2.2). In section 4.3, we present the main results. At first, we consider key simulation results regarding the effectiveness of different policies that reduce fuel use, traffic congestion and GHG emissions, and examine the "lock-in effect" due to highway investment and the well-known rebound effect related to car energy efficiency (4.3.1). In section 4.3.2, we show how the predictable increase in oil prices will change the future transportation profile. In section 4.3.3, we demonstrate the effectiveness of pricing policies. The paper concludes with some policy recommendations (Section 4.4).

## 4.2. Methodology and data

### 4.2.1 Methodology

We apply a modified and extended version of the equilibrium model on urban transport of Anas and Timilsina (2009) to Montreal metropolitan area data.<sup>55</sup> Below we present the details of the model, including the presentation of all variables and describe the main additions and changes relative to the original model.

We use a trinomial logit model of choice between three transportation modes to explain commuters' choices. The model assumes the trip choice behaviours of six income groups, ordered in increasing income, and denoted as  $f = 1, \dots, 6$ . The following function represents the disutility for choosing mode  $m$  of transportation:

$$(1) \quad U_{fmp} = -g_{mp} - b_f \ln(G_{mp}) + E_{fmp} + u_{fmp}$$

where  $g_m$  is the monetary cost of travel by mode  $m$  ( $m=1, 2, 3$ ), with  $m=1$  for non-motorized transports (bicycles and walking),  $m=2$  for public transit users and the car passengers and  $m=3$  for car drivers.  $G_m$  is the travel time by mode  $m$  and  $E_{fm}$  is the mode-specific systematic utility constant. The coefficient  $b_f$  is approximated by assuming half the wage rate ( $b_f \equiv 0.5 w_f$ ). We assume that higher income individuals are more sensitive to travel time variations than lower income ones.

Finally,  $u_{fm}$  is the idiosyncratic utility for a particular commuter of income group  $f$  of using mode  $m$ . As described by Anas and Timilsina (2009), the choice of travel mode are then described by the following trinomial logit model:

$$(2) \quad P_{fpm} = \frac{\exp[\lambda_f(-g_m - b_f \ln(G_m) + E_{fm})]}{\sum_{n=1}^3 \exp[\lambda_f(-g_n - b_f \ln(G_n) + E_{fn})]}, \text{ with } \sum_{n=1}^3 P_{fpm} = 1$$

---

<sup>55</sup> The Census Metropolitan Area (CMA) is an area that differs demographically by a gap of about 1% from the population of the Metropolitan Community of Montreal.

where  $P_{fm}$  is the probability of a traveller from income group  $f$  to choose travel mode  $m$ .<sup>56</sup>

The value of time in commuting is made to increase by income group and is assumed to be proportional to the wage rate, while the sensitivity with respect to monetary cost decreases with income. We calibrated the model under these assumptions, while the mode-specific constants of the logit model were set to replicate the modal shares observed in 2006. We present, in table 4.1, other formulas derived from equation 1 and 2.

**Table 4.1**

Description of the Anas and Timilsina's model (2009) and of our extensions

Equations	Description
$(3) \eta_{fm}: g_m = -\lambda_f g_m (1 - P_{fm})$ $(4) \eta_{fm}: = -\lambda_f b_f (1 - P_{fm})$	The elasticity of choosing mode $m$ with respect to monetary travel cost $g_m$ and travel time $G_m$ . <sup>57</sup>
$(5) T_m = \sum_{f=1}^6 N_f P_{fm}, m = 1, 2, 3$	The total person by mode in (5), where $N$ is the total number of person commuting trips per day by income group $f$ . In both models, these daily person trips are kept constant.
$(6) T = h\Phi_2 a T_2 + \Phi_3 T_3$	A proxy for traffic congestion, $T$ , is calculated with the sum of motorized vehicle traffic considered in car-equivalent units, where $\Phi_2, \Phi_3$ are the inverse ratios of vehicle occupancy (with car-equivalent buses per bus person trip), which allowed us to multiply by $h$ , which is the car-equivalent capacity load of a whole bus.

<sup>56</sup> In (2),  $\lambda_f$  is the heterogeneity coefficient (or taste dispersion) of revenue group  $f$ . It is inversely proportional to the identical variance of the idiosyncratic utilities ( $\lambda_f = 1/u_f$ ). We fix the coefficient  $b$ , the value of time at 0.5 and establish a value of 0.25 for the dispersion parameter ( $\lambda$ ) of the trinomial logit (2).

<sup>57</sup> For instance, for a given value of  $f$ , the probability  $P_2$  of choosing public transit ( $m=2$ ) decreases with  $f$ , while the probability of taking the auto mode ( $m=3$ ) increases.

(7) $G_3 = c_0(1 + c_1(\frac{T}{Z})^{c_2})d_3$	For a given aggregate road capacity, $Z$ , this congestion function calculates the average congested round trip travel time, $G_3$ . The given round-trip distance by car in kilometres, $d_3$ , is assumed as fixed. For the congestion function coefficients we use the same values as Anas and Timilsina (2009), with $c_0 = 1/80$ , $c_1 = 0.15$ and $c_2 = 2.0$ .
(8) $\hat{s} = \frac{d_3}{G_3} = \left\{ c_0 \left( 1 + c_1 \frac{T^{c_2}}{Z} \right) \right\}^{-1}$	Equation giving car speed, $\hat{s}$ .
(9) $f(\hat{s}) = (3.78541178/1.6093) * [0.122619 - 0.0117211 * (\hat{s}) + 0.0006413 * (\hat{s})^2 - 0.000018732 * (\hat{s})^3 + 0.0000003 * (\hat{s})^4 - 0.0000000024718 * (\hat{s})^5 + 0.00000000008233 * (\hat{s})^6]$ .	A relationship between car speed (km/hr) and energy efficiency (fuel use) per km is incorporated (Barla et al., 2009). It uses a polynomial fit calculated from a small model car, a Geo Prism, that gives the gasoline consumption (litres/km) associated with different driving speeds (see Figure 1). It is calibrated to obtain an average vehicle consumption of 11.73 litres by 100 km at a speed of 29.36 km/h. <sup>58</sup> We calibrated it to get the average consumption rate expected in congested areas.
(10) $VOT = \frac{\sum_{f=1}^6 N_f P_{f3} \left( \frac{b_f}{G_3} \right)}{\sum_{f=1}^6 N_f P_{f3}}$	Then we estimated the trip-weighted average value of time of the commuters ( $VOT$ ).
(11) $\frac{ \hat{T} - T }{(\hat{T} - T)/2} < 1 * 10^{-8}$	<p><b>The process is the following:</b></p> <p><i>First</i>, the value of the aggregate car equivalent traffic, <math>T</math>, is set and denoted by <math>\hat{T}</math>.</p> <p><i>Second</i>, the auto travel time, <math>G_3</math>, is estimated from the congestion function (7).</p> <p><i>Third</i>, input has to be provided for any fuel price variation or any of the taxes proposed and other modifications to the initial hypothesis. The monetary cost of auto, <math>g_3</math>, can then be estimated using (14), (15) and (10).</p> <p><i>Fourth</i>, we calculate the choice probabilities, <math>P_2</math>, <math>P_3</math>, from (2).</p>

<sup>58</sup> We considered that each litre of gasoline emitted 2.446 kg of CO<sub>2</sub> equivalent (Natural Resources Canada website). It is necessary to convert fuel consumption from litre per kilometre to miles per gallon before using the formula, and to convert after the result in litres per kilometre.



	<p><i>Fifth</i>, <math>T_2</math>, <math>T_3</math> can be derived from (4) and <math>T</math> from (5).</p> <p><i>Sixth</i>, we continue iterating by returning to step 1, until <math>T</math> and <math>\tilde{T}</math> (from steps 1 and 5) are nearby. Equation 11 gives the criterion used for convergence (we use the same as Anas et Timilsina, 2009).</p>
<p>(12) <math>E[\max(U_{f1}, U_{f2}, U_{f3})]</math></p> $= \frac{1}{\lambda_f} \ln \left( \sum_{m=1}^3 e^{\lambda_f(-g_m - b_f \ln(G_{fm}) + E_{fm})} \right)$	<p>Hence the marginal utility of income of each income group is constant and equal to unity in equation (1). From the properties of the logit model, a consumer in income group <math>f</math> will therefore have an expected maximum utility (or expected least disutility) that can be calculated as a real value obtained by equation 12.</p>
<p>(13) <math>\{ \text{Social Welfare} \} = \{ \text{Aggregate Tax Revenue} \} +</math></p> $\left\{ \sum_{f=1}^6 \frac{N_f}{\lambda_f} \ln \left( \sum_{m=1}^3 e^{\lambda_f(-g_m - b_f \ln(G_{fm}) + E_{fm})} \right) \right\}$	<p>The summation of all those consumer surpluses, along with the aggregate tax revenues, gives the result of the aggregate social welfare, as considered by Anas and Timilsina (2009) (equation 13).</p> <p>The next equations constitute additions to their model.</p>
<p>(14)</p> $YPC_f = \sum_{m=1}^3 \left( 700(VC_{mf} + RI_{mf} + AV_{mf}) N_f P_{fm} \right)$ <p>(15) <math>YPC = \sum_{f=1}^6 (YPC_f) N_f</math></p> <p>(16) Private costs in percentage of revenue for each revenue group <math>f = \left( \frac{YPC_f}{REV_f} \right)</math></p> <p>(17) Average private costs in percentage of revenue =</p> $\sum_{f=1}^6 \left( \frac{YPC_f}{REV_f} \right) N_f$	<p>Only variable costs (<math>VC_f</math>) are considered in the above equations. To get an estimate of the yearly private costs for the revenue class <math>f</math> (<math>YPC_f</math>, equation 14) and for all commuters in average (<math>YPC</math>, equation 15), we add an approximation of the portion of fixed costs attributable to registration fees and insurance (<math>RI_f</math>) and to the acquisition and depreciation of vehicles (<math>AV_f</math>, see table 3). All these costs are estimated for the main trip and multiplied by 700 to equal the observed average annual mileage.</p> <p>The yearly private cost is after divided by the annual average revenue (<math>REV_f</math>), at first for each revenue group (equation 16) and after for all commuters (17).</p>



<p>(18) <math>\left\{ \begin{matrix} \text{Social} \\ \text{Welfare*} \end{matrix} \right\} =</math></p> $\left\{ \sum_{f=1}^6 \frac{N_f}{\lambda_f} \ln \left( \sum_{m=1}^3 e^{\lambda_f(-g_m - b_f \ln(G_{fm}) + E_{fm})} \right) \right\}$ $+ \left\{ \begin{matrix} \text{Aggregate} \\ \text{Tax Revenue} \end{matrix} \right\} - \left\{ \begin{matrix} \text{Fixed} \\ \text{Costs} \end{matrix} \right\} - \left\{ \begin{matrix} \text{Value of GHG} \\ \text{Emissions} \end{matrix} \right\}$	<p>In the extended (*) Social Welfare (equation 18) we subtract to equation 14 an approximation of the fixed costs (<math>RI_f</math> and <math>AV_f</math>) and a value for the GHG emissions.</p>
--	---

The wage rate rises with  $f$ , which means that lower income groups should be less sensitive to travel time, because they have lower values of time. The monetary elasticity cost decreases with income, which means that lower income groups should be more sensitive to monetary cost because they have lower budgets.

The equations in Table 4.1 show how the model is structured. An iterative procedure (equation 11) serves to calculate congested traffic equilibrium. From a reasonable starting point, it converges robustly to a unique solution. After convergence had been declared, most outputs are straightforward, including trips by mode, vehicle kilometres, total fuel consumption, total GHG emissions, total revenue from tolls or fuel taxes and the aggregate value of consumer surplus and social welfare. The *per-capita* consumer disutility is measured for each income group (equation 12) and represents another important output of the model. Then, the summation of all those consumer surpluses, along with the aggregate tax revenues, gives the aggregate social welfare (equation 13).

However, our methodology differs in several ways from that of Anas and Timilsina (2009). Our model is distinguished first by the presence of some differences in the data (see Table 4.2), followed by the addition of new functions that allow calculations to evaluate several options not held into account in the study of the World Bank (see Table 4.3).

**Table 4.2**

Comparison of data between the two studies

<b>Anas and Timilsina (2009)</b>	<b>Our model</b>
Average Kilometers	Actual mileage by income (main path)
Car (driver + passenger), transit (TC) and walk	Car (driver), TC and others (cycling, walking and passenger)
Carpooling rate is fixed	Carpooling rate varies according to income
Cars: fuel costs only	Fuel costs as well as lubricants and tires costs
Transport: average length of trip	Transit: estimated duration depending on the speed plus additional time for waiting and transfers

As in their study, the total number of trips per day was fixed. However, instead of using an illustrative average for trip distance and carpooling rate among commuters of different income classes, we considered real values taken from the 2006 census. Our model represents only peak hours (AM+PM), whereas they considered the entire day.

The micro data of Statistics Canada's 2006 census offered a sample of 42,000 respondents, together with their income, means of transportation and length of their usual travel destinations for professional purposes (study or work)<sup>59</sup>. Analysis of this data confirmed that lower income drivers tend to drive shorter distances (16.9% less than the average) for their weekly primary travel destinations.<sup>60</sup> In addition, the hypothesis of a constant share of car ridership among social groups is generally false.<sup>61</sup> If a quarter of low revenue workers travel by car, in reality as passengers, only 2% of individuals earning more than \$75 000 are carpooling passengers.

Their model includes only gasoline consumption to evaluate the marginal car cost. Our model includes other variable costs (*e.g.*: lubricant and tires). We consider the private costs for all

---

<sup>59</sup> We are talking about commuters.

<sup>60</sup> However, this does not take into consideration other travel destinations. We may also conclude that lower income households would travel less for leisure purposes; to a weekend country house, for example, than their wealthier counterparts.

<sup>61</sup> This hypothesis was put forth by Anas and Timilsina (2009) and Joubert *et al.* (2009).

users including the three modes, at first for each revenue group (equation 14), and secondly for all commuters (equation 15). The private cost includes the variable costs consider previously, with in addition the average registration and insurance costs more a proxy for the acquisition costs (see table 3). We calculate then the average private costs as a percentage of the revenue for each revenue group  $f$ , at first (equation 16), and then for the overall commuters (equation 17).

Neither model takes into account the price of buying a vehicle and their fixed costs on consumer choice for the determination of modal choice, but we consider theme in an extended version of the social welfare equation (18), which include also an estimation of the value of GHG emissions.<sup>62</sup> In addition to these few changes in the data, we improve the model by adding new functions that allow calculations to evaluate several options not kept into account in the study by the World Bank (see Table 4.3). It is relevant to describe four new approaches that are major contributions:

- 1) Changes in oil prices
- 2) The transfer of fixed costs into variable costs
- 3) The pricing of parking with a lump sum to workers
- 4) An approximation of the total private cost (including owning costs).

**Table 4.3**

Difference between the measures studied by the two studies

<b>Anas and Timilsina (2009)</b>	<b>Our model</b>
Possibility of varying the energy efficiency of vehicles, the gas tax, or add a toll (as a kilometer charge).	Also includes (1) a change in oil prices (independent of taxes), (2) the establishment of a parking cash out and (3) the transfer of registration fees and insurance into a kilometer tax.
Calculate the consumer surplus and the social welfare, but only from variable costs (fuel prices, public transport fares, urban tolls).	Also includes an estimate of private costs (including purchase, insurance and registration).

<sup>62</sup> With a 100\$/ton value.

Unlike the Anas and Timilsina model, when computing the monetary fuel cost per passenger (including fuel taxes) we distinguish between the impact of a change in fuel taxation or in oil prices, as shown in the following equation (19), where  $\tau_F$  is the fuel excise tax rate,  $\delta P_F$  is the increase in gasoline prices due to oil prices rising,  $P_F$  is the initial price of gasoline and  $e$  is the vehicle efficiency.<sup>63</sup>

$$(19) \quad FUELC = (1 + \tau_F) (1 + \delta P_F) * P_F * e * f(\$) * d_3$$

In the calculation, we consider that the cost of public transit is increasing in oil price. We also assume that a government that raises green taxes as incentives will exempt transit companies.

There are other ways than fuel taxes to internalize the external costs of using vehicles; the payment of a toll for each trip (*TOLL*), the imposition of a charge related to distance traveled (*KMTAX*), or an increase in parking costs (*PARK*). Those three options were considered in our analysis, but for simplification purposes they entered the model as a charge per kilometre of travel (*KMTAX<sub>T</sub>*). In each one, there is an option where this measure applied ( $\delta_i = 1$ ) or not ( $\delta_i = 0$ ) and the rate at which it is applied ( $\Phi_i$ ). This rate is previously weighed by a hypothesis of the proportion of motorists that are affected (here: 50%).

The monetary marginal cost of a car trip ( $g_3$ ) will be the sum of the fuel cost and the additional per kilometre travel charge:

$$(20) \quad g_3 = FUELC + \delta_T * \theta_T TOLL + \delta_{KM} * \theta_{KM} KMTAX_T + \delta_{PARK} * \theta_{PARK} PARK$$

However, our model includes estimations for average insurance (*INS*) and registration fees (*REG*), which allows us to simulate the potential impact from a partial to a complete transfer of those fixed costs to variable ones in the form of a kilometric charge *KMTAX<sub>FC</sub>*, a measure

---

<sup>63</sup> The monetary cost of travel also depends on the car's fuel efficiency level. However, we have formulated the model as if everyone uses a standard efficiency vehicle because we could not find data on how car fuel efficiency varied by income in Montreal. From Davis and Diegel (2004), cited in Anas and Timilsina (2009), a fuel efficiency of unity ( $e=1$  in equation 9) corresponds very closely to their curve for a Geo Prism.

that is actually in the process of being implemented in the Netherlands (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2009). Our model includes the option to transfer any portion  $\theta$  (between 0 to 100%) of the registration ( $\theta_{REG}$ ) or/and insurance charges ( $\theta_{INS}$ ) from a fixed cost to a kilometric charge. We considered an annual average for those costs, divided by the average mileage traveled ( $AvgKMT$ ). This allows us to consider the costs for the average trip traveled.

$$(21) \quad KMTAX_{FC} = \frac{\{\theta_{INS} INS + \theta_{REG} REG\}}{AvgKMT}$$

The total kilometric charge ( $KMTAX_T$ ) is therefore the sum of the transfer from fixed costs ( $KMTAX_{FC}$ ) and of one other form of distance-based pricing ( $KMTAX$ ), including a parking charge because this measure is included in our model as an expense on average mileage traveled:

$$(22) \quad KMTAX_T = KMTAX_{FC} + KMTAX$$

Our extended model allows us to simulate a *parking cash out* program (*PCO*). For any tested level of parking charges (only for car driver,  $M = 3$ ),<sup>64</sup> we hypothesized a subsidy (*SUBS*) to all workers for each trip made, independent of the mode of transportation ( $M = 1, 2$  or  $3$ ), to a level where nearly all the income is redistributed and less than one percent of the parking tax income (*PTI*) is kept. This hypothesis is illustrated by the following equation:

$$(23) \quad \frac{|\Sigma PTI - \Sigma SUBS|}{\Sigma PTI} < 0.01$$

The *per-capita* consumer disutility showns in equation 13 measures variable private costs. By adding an approximation of the fixed costs associated with car acquisition and ownership, we can obtain a proxy for the total private costs (19):

$$(24) \quad \text{Total private costs (TPC)} = E [\max (U_{f1}, U_{f2}, U_{f3})] + \text{Insurance and registration average costs} + \text{Acquisition (depreciation) and Financing costs}$$

---

<sup>64</sup> For example, if 50% of car drivers had to pay \$200 per month to park at their job, it is calculated as 10¢ per km for all drivers with an average of 25 km per day for the daily traveled distance.



When private costs are added to an evaluation of the external costs, the results will be considered the social costs (Anderson and Settle, 1998). This was not done in this study. Even if GHG emissions are a main point of this study, it is recognized that other environmental impacts, accidents and opportunity cost of parking use (Shoup, 2005) represent greater external costs of transportation (Gaudry *et al.*, 1997; Litman, 1997; European Commission, 2003). Another step would have been to do a complete cost-benefit analysis, which is beyond the scope of this study.

Our model allows us to simulate different public policies, including some that haven't been tested in the World Bank study. It also includes the option of taking into account the impact of an increase in oil prices. The model offers the possibility to compare the effects of: (1) the impact of a rise in gasoline prices that results from an increase of oil prices; (2) or from a rise in the excise tax; (3) the effect of a toll per kilometre of car travel, representing a urban toll or a parking charge; (4) one that could result from a transfer, partial or total, toward kilometric charges of insurance costs and registration fees, with a possibility of variation of the latter; (5) an increase or a reduction of road supply; (6) or of public transit fees and (7) or service, including a variation of the waiting time perceived by public transit users.

#### **4.2.2 Data and calibration**

Our objective was to approximate 2006 conditions. The geographic territory covered by our study is the Montreal Census Metropolitan Area (CMA),<sup>65</sup> the highest level of aggregation possible on a local scale. In 2006, Montreal CMA had a population age 15 and older of 3.012 million, of which 1.714 million is considered active. It is estimated that this population generated 3.688 million trips at peak hours (AM & PM).<sup>66</sup> We used the distribution of trips by mode, distance traveled, and income group from Statistics Canada's 2006 census, which was our main source of data.

---

<sup>65</sup> There is a 1% difference in the total population of the Montreal Census Metropolitan Area (CMA) considered by Statistics Canada and the Montreal Metropolitan Community evaluated in the AMT origin-destination inquiry.

<sup>66</sup> Agence métropolitaine de transport, AMT, website ([www.amt.qc.ca](http://www.amt.qc.ca)).

The price of gasoline had fluctuated considerably, with a constant increase from 2000 to 2008, a peak in July 2008, followed by a drop when the global economy entered a recession, and a subsequent upturn. We used \$1.067 per litre, the average price of 2006 in 2009 dollars.

It was estimated that the average car trip during peak hours took, in 2003, respectively 26.1 minutes in the morning and 24.9 in the evening, for a total of 51 minutes or 0.86 hours (Joubert *et al.* 2009). The average distance for the main journey was 12.48 km (Statistics Canada's 2006 census) for the active population (one way). We suppose that workers at peak hours traveled at an average speed of 29.36 km/hr. Since it only counted commuters, it slightly overestimated the traffic congestion, considering that some travel might be made at higher speeds during the same period (we can assume that people who are travelling for leisure or shopping purposes during peak hours do so because they can avoid congested areas and drive at a greater speed than commuters).

We took the 2006 car-equivalent traffic from (5) and (6) and assumed the car speed from (8) is the 29.36 km/hr estimated previously to calibrate aggregate highway capacity,  $Z$ . The bus speed at peak hours is 20.0 km/hr<sup>67</sup> and we assume that the buses took 53% of the transit passengers' kilometres at regional scale, which is also a rough estimation.<sup>68</sup> In addition, we have consider that public transport involved a 40% additional time due to waiting times, inter-modal transfer, walking time, and the fact that distances can sometimes be increased by the lack of services in direct lines to the destination. We also considered only the distances traveled by car, which overestimated the distance actually traveled by public transit, but gave us a better idea of the challenge of giving an alternative to cars. We thus obtained a 0.66 hr travel time for rail, and 1.25 hrs for bus, to directly make the average 24.96 km (round trip). With the additional overtime, it gave us 0.92 hrs for rail and 1.75 hrs for bus, for an average of 1.36 hrs by transit.<sup>69</sup>

---

<sup>67</sup> It is 18.5 km/hr at the *Société de transport de Montréal* (STM) and 22.3 km/hr at the *Réseau de transport de Longueuil*, one of the transit societies of Montreal's suburbs. An average rail speed was approximate at 38 km/hr (based on Montreal's subway).

<sup>68</sup> For the STM the subway took 53% of the passengers-kilometres in 2008, but the suburbs have more travelers by buses than by commuter trains.

<sup>69</sup> By comparison, Anas and Timilsina (2009) had respectively a travel time of 0.86 for car and 1.80 for public transit in their model of São Paulo.

We kept the assumption made by Anas and Timilsina (2009) that a bus implied a traffic load per vehicle equivalent to four cars. We considered that there are, on average, 20 persons per bus.<sup>70</sup> Table 4.4 shows the other basic data used to calibrate the model, including the share of the six income groups using each travel mode and the distance of the average journey by car for each group. We also posed an arbitrary gradient for the purchasing and financing of car costs, which resulted in an average of \$5500 per vehicle per year, which is in the range of the CAA-Québec (2010) estimates for three different vehicles. It likely underestimated the cost of luxury vehicles purchased by wealthy citizens.

We completed the calibration of the model (see 1 and 2) by setting a zero value to the mode-specific constant ( $E_f = 0$ ) for mode 1 (walk, bike and car passengers). Thus, we put the value of the mode-specific constants that generated the public transit ( $E_{\beta}$ ) and the car mode ( $E_{\beta}$ ) shares observed for each revenue group  $f$  (as shown in Table 4.4). After calibration, the model gives car choice elasticity with respect to monetary cost and travel time (see Table 4.5). As expected, the former elasticity increases with income while the latter decreases.

For the travel cost using public transit we consider only the cost of a regular monthly transport pass (\$63 in 2006, converted to \$66.10 in 2009 currency, divided by 40 trips by month).<sup>71</sup> The average fuel consumption of the fleet in Quebec is estimated at 10.4 km/litre for 2007, from Natural Resources Canada data, who also evaluated that Canadian vehicles driven for travel less than 24 km consumed 12.8% more than the average (OEE, 2009), which would represent a fuel efficiency of 11.73 litres per 100 km if we extrapolate to the Quebec average. We took this as our estimation of the consumption rate during peak hours, where a car's energy efficiency is clearly far lower than its optimum.

To establish the marginal cost of the automobile, Anas and Timilsina (2009) considered only the estimated gasoline consumption by car for the average journey. Fuel price was \$1.067 per litre in 2006 (in constant 2009 dollars). Our data allowed us to consider the average distance traveled by each income group. We also added 4.72 cents per kilometre for two other variable

---

<sup>70</sup> An estimation provided by the STM.

<sup>71</sup> From the STM, the transit authority with the biggest share of travelers in the agglomeration. Users can pay a higher fare if they need to use different transit authority services.

costs - tires and maintenance - based on the average cost of three different models (CAA-Québec, 2010).

**Table 4.4**  
Shares of trips and mode choices by income group

Income group		1	2	3	4	5	6	Total or Average
Personal income after tax (\$)		Less than 10 000	10 000 to 19 999	20 000 to 29 999	30 000 to 44 999	45 000 to 74 999	75 000 and more	32 369
Wage (\$/hr), f(Average income/1665 hrs)		2.61	8.80	14.96	21.80	32.84	81.76	19.43
Average travel distance by car (go back, main destination) (Km)		20.74	20.78	22.92	26.70	29.14	27.04	24.96
Gap relative to the average distance traveled		- 16.9%	- 16.8%	- 8.2%	7.0%	16.7%	8.3%	0.0%
Purchasing and financing car costs (\$/year)*		2000	3000	4000	6000	8000	12000	5500
Shares of person trips per day, f N a		15.3%	18.0%	20.9%	25.6%	15.9%	4.3%	100%
Mode shares, P <sub>fm</sub>	Bike or walk	15.9%	11.0%	6.9%	4.8%	3.9%	3.8%	7.9%
	Car passengers	12.2%	6.1%	5.1%	4.1%	2.7%	2.1%	5.6%
	Mode 1 Total Free modes	28.1%	17.1%	12.0%	8.9%	6.6%	5.9%	13.5%
	Mode 2 Public transit	34.0%	29.7%	23.7%	17.2%	15.5%	10.9%	22.8%
	Mode 3 Car (driver)	37.9%	53.3%	64.3%	73.9%	77.9%	83.1%	63.7%

Source: StatCan 2006 Census, *microdonnées des particuliers*, RMR de Montréal except

\*: Arbitrary gradient that results in nearly the same average (\$5400/year) as the three vehicles analysed in CAA-Québec (2010).



The first income group's travel distance was 16.9% shorter than the average and the distance tends to increase with income, with a notable exception in the highest income group, where a small decrease was observed (but it is still above the average). This can reflect that if the middle and upper classes tend to live further in the suburbs and must travel more, some of the wealthiest afford high quality homes closer to city centre, which reduces their average distance for work purposes slightly. All monetary units are in Canadian 2009 dollars.

As discussed earlier and illustrated in Table 4.5, the model has been set up in such a way that the elasticity of the probability of choosing the car mode with respect to travel time (equation 3) increases with income, while the elasticity with respect to monetary travel costs (equation 4) decreases with income.

**Table 4.5**

Calibrated own and cross elasticity of mode choice with respect to monetary travel cost and travel time of a trip by car

Income group		1	2	3	4	5	6
Monetary cost (equation 3)	Own (car costs)	-0.555	-0.418	-0.353	-0.300	-0.277	-0.197
	Cross-transit/walk	0.339	0.447	0.635	0.851	0.979	0.969
Travel time <sup>72</sup> (equation 4)	Own (by car)	-0.202	-0.514	-0.668	-0.710	-0.905	-1.725
	Cross-transit/walk	0.124	0.586	1.202	2.015	3.200	8.495

In the next section, we introduce four basic policies that may affect GHG emissions and traffic congestion: increase or decrease in public transit services, in road supply, in fleet vehicle energy efficiency and in vehicle use taxation.

---

<sup>72</sup> For example, for the least fortunate group (income 1), a rise of 1% of the travel time by car will reduce car use by 0.202%, while an equivalent increase in the travel time by the other modes will increase car use by 0.124%.



### 4.3 Results

#### 4.3.1 Four basic policies and the carbon lock-in effects

Unruh (2000) underlines the presence of a carbon lock-in, where persistent market and policy failures can inhibit the diffusion of carbon-saving technologies despite their undeniable economic and environmental advantages. We discuss here about four of these policies.

(i) *Improve vehicle efficiency*: Improving vehicle energy efficiency is probably one of the measures that have received the most social support. This measure is also related to the well known rebound effect (Small and Van Dender, 2007; Barla *et al.*, 2009). The results of the first serie of simulation, presented in table 4.6, address this issue. We tested, in the first scenario, a 20% improvement in car fleet energy efficiency ( $e$  decreased by 20%). Thus, in the two other scenarios, road expansion was added. In the third one, transit improvement was also considered. What happens if we increase vehicle energy efficiency without changing car user costs? Reducing the per km cost would induce an increase in the distance traveled and/or in the vehicle possession rate that would negate part of the energy gains, while increasing traffic congestion and reducing speed. Hence, in our results, while improving energy efficiency,  $e$ , by 20%, the scope of the reduction in fuel consumption is lower, at 15.5%, notably because of a 3.1% increase in car use and a 5.9% decline in public transit.

Fuel consumption and GHG emissions are still reduced slightly when these measures are implemented simultaneously. The reductions are clearly less than they could have been otherwise, considering that this combination results in an increase in car use with no gain in transit ridership while active mode users and car passengers dropped significantly. However, the latter option (the three measures combined) clearly presented welfare improvement in the short term, for all social classes. It is not surprising that many policies used this option in the past. Long-term elasticity is known to far exceed short-term elasticity, which means that car usage increases—including travel distance—can prevail over GHG reduction with time (Newman and Kenworthy, 1989; Prades *et al.*, 1998; Litman, 2010). The GHG reductions will also be smaller in off-peak periods, which is not shown by our model, because there will be fewer gains related to reduction in traffic congestion.

**Table 4.6**

Effects of the road expansion and transit improvements and the lock-in effect

	Base	Expansion of road capacity (Z increased 20%)		Improvement of transit travel time ( $G_2$ , bus speed decreased by 20%)		Road expansion and transit improvement ( $Z + 20\%$ ; $G_2 - 20\%$ )	
Car trip per day (peak hours) ( $10^6$ )	1.175	1.26	7.0%	1.15	-1.8%	1.24	5.3%
Transit trip per day (peak hours) ( $10^6$ )	0.421	0.37	-11.6%	0.45	7.4%	0.40	-5.5%
Active modes & car passengers ( $10^6$ )	0.248	0.22	-13.3%	0.24	-3.8%	0.21	-15.8%
Car equivalent traffic = T ( $10^6$ )	1.220	1.30	6.3%	1.20	-1.5%	1.28	4.9%
Car and buses GHG (Mt/year)	6.243	6.19	-0.8%	6.10	-2.3%	6.08	-2.6%
Speed (km/hr)	29.360	34.00	15.8%	29.92	1.9%	34.51	17.5%
Consumer surplus cost by average trip (Equation 12)	6.428	7.32	13.9%	6.65	3.4%	7.50	16.6%

(ii) *Increased road capacity*: Building more roads (increase  $Z$  in the model) as often been perceived as a normal path to reduce traffic congestion. Table 4.7 shows the lock-in effect considering only road expansion and improvement in public transit services. The first column gives the base simulation representing the reference scenario for 2006. Each of the following columns offers the results for the policies or the other hypothesis under consideration.

This measure has three effects: i) an increase in the travel distance (not consider in our model); ii) a reduction in traffic congestion and iii) a switch to cars from other modes of transportation. In our model, when  $Z$  rises by 20%, the trips by car increase (+7.0%), while transit use is reduced (-11.6%) which resulted in nearly no significant emissions reduction (-0.8%).

**Table 4.7**

Fuel efficiency improvements and the rebound effect

	Base	Fuel efficiency improvement ( $e$ decreased by 20%)		Fuel efficiency improvement and road expansion ( $e$ decreased by 20% and $Z + 20\%$ )		Same as previous, but with improvement of transit travel time ( $e - 20\%$ , $Z + 20\%$ and $G2 - 20\%$ )	
Car trip per day (peak hours) ( $10^6$ )	1.175	1.212	3.1%	1.292	9.9%	1.273	8.3%
Transit trip per day (peak hours) ( $10^6$ )	0.421	0.396	-5.9%	0.348	-17.2%	0.373	-11.3%
Active modes & car passengers ( $10^6$ )	0.248	0.236	-4.8%	0.204	-17.9%	0.198	-20.2%
Car equivalent traffic = $T$ ( $10^6$ )	1.220	1.254	2.8%	1.329	8.9%	1.312	7.6%
Car and buses GHG (Mt/year)	6.243	5.277	-15.5%	5.179	-17.0%	5.093	-18.4%
Speed (km/hr)	29.360	28.344	-3.5%	33.036	12.5%	33.525	14.2%
Consumer surplus cost of average trip (Equation 12)	6.428	6.624	3.1%	7.553	17.5%	7.718	20.1%

(iii) *Subsidizing public transit*: This measure allows for improvement of services and/or fares reductions. However, if all the extra money goes to reducing fares, the transit network will not be able to handle extra passengers, at least at peak hours. An increase in public transit demand during these periods without at least a proportional improvement to services will result in a reduction in service quality equivalent to an increase in travel time. Because public transit is already cheaper than travelling by car, reducing fares should have a less significant effect than improving services to convince middle and upper classes to opt for public transit.

(iv) *Taxing car use*: Raising the marginal cost of car use by increasing gasoline tax and/or imposing a new taxation related to travel choice (e.g.: urban toll, parking or kilometric charge), while keeping  $e$  constant clearly induces a switch to public transit and non-



motorized modes of transportation. It reduces traffic congestion, aggregate fuel and emissions unambiguously, while raising travel speeds. It is only at very high speeds, unlikely in congested cities, that, theoretically, emissions and fuel curves could rise (e.g.: Anas and Timisilna, 2009).

Two factors effectively affect car travel cost: petroleum prices and car taxation. We discuss them in the two following sections.

#### 4.3.2 The oil price factor

Some 63 countries have seen their oil production decline after reaching its peak, while 35 others were about to reach it (Xiongqi *et al.*, 2009). According to many researchers, we should expect global oil production to decline (Shafiee and Topal, 2009; DeAlmeida and Silva, 2009) and the question is how this reality is accepted and managed (Bardi, 2009).

Some authors consider that rising oil prices will aggravate environmental problems by promoting the use of coal (Caldeira *et al.*, 2008). Others see the end of the globalization process (Curtis, 2009; Rubin, 2009), which would be one of many substantial economic consequences of the decline in “black gold”: *“From this point forward, Homo sapiens will lack the supply of inexpensive energy necessary to create and maintain a large, sustainable civilization”* (McPherson and Weltzin, 2008, p. 191).

So, there is very strong probability that oil prices will follow a clear upward trend.<sup>73</sup> As we have seen after the 2008 rise, high petroleum prices alter economic activity and reduce government revenues in importing states (including provinces such as Quebec). In the USA, a dramatic reduction in public transit revenue had imposed a cut in services in 2009 that had reduced ridership (Association mondiale de la route, 2009).

*Ceteris paribus*, an increase in gasoline price certainly encourages transit use while reducing car utilisation, independently of its origin. However, if it results from an increase in oil price

---

<sup>73</sup> Rubin (2009), former World Market chief economist at the CIBC bank, considers that \$200 US per barrel will be inevitable very soon. It is probable that it will not be an option in a potential scenario, but a basic component of reality that we will have to live with.

this has the collateral effect of lowering government revenues, it could reduce the government's capacity to finance public transit maintenance and development. It is probable that it will not be an option in a potential scenario, but a basic component of reality that we will have to live with. where there is no available increase in transit supply service, an increase in demand without additional service will be perceived by transit users as a reduction of service.<sup>74</sup>

The next three simulations (Table 4.8) are based on a \$1 per litre rise in gasoline costs due to oil price increase. The second and third simulations also include a 20% improvement in car energy efficiency while assuming a 10% increase in road infrastructure (Z). An increase in Z factor could also reflect the impact of the continuation of an urban sprawl model.

The second and the third scenarios differed by completely opposing the development of public transit. For the second simulation, we hypothesized a 20% increase in bus travel time. The third simulation rests on the hypothesis that even in the difficult context of an oil price rise, public investment allowed a substantial increase in supply that would not only assume the same level of service, but also improve it (a 20% reduction in bus travel time was assumed).

The impacts vary largely between the three scenarios. Fuel price increase alone raises public transit ridership by 19.1%. Combined with car fuel efficiency, road improvement and transit service decline, it dropped instead by 6.5%. If we substitute transit improvement in the last situation, *Ceteris paribus*, we observe a 9.2% rise in public transit users. This last scenario exhibits the biggest reduction in GHG emissions (-27.0%).

---

<sup>74</sup> Price and speed are two important factors influencing modal choice, but Steg (2003) mentioned also convenience, independence, flexibility, reliability, pleasure, comfort, social status and control as other aspects that are generally perceived in the advantages of car and traffic safety considered in favour of public transport. If our model does not allow for such precision, it was assumed that having more clients than the transit services can manage will result in longer travel times for each person (the equivalent of seeing three full buses passing by before one can board).



**Table 4.8**

Anticipating oil price increase alone and with two transit scenarios

	Base	Oil price increase (Gas price rises \$1 per litre)		Same as previous, with fuel efficiency improvement, road expansion and a 20% decrease in bus speed ( $e - 20\%$ , $G_2 + 20\%$ and $Z + 10\%$ )		Same with improvement of transit travel time ( $e - 20\%$ , $Z + 10\%$ and $G_2 - 20\%$ )	
Car trip per day (peak hours) ( $10^6$ )	1.175	1.030	-12.4%	1.166	-0.8%	1.12	-4.6%
Transit trip per day (peak hours) ( $10^6$ )	0.421	0.501	19.1%	0.393	-6.5%	0.46	9.2%
Active modes & car passengers ( $10^6$ )	0.248	0.313	26.1%	0.285	14.6%	0.26	6.0%
T = Car equivalent traffic (106)	1.220	1.083	-11.2%	1.208	-1.0%	1.17	-4.1%
Car and buses GHG (Mt/year)	6.243	5.271	-15.6%	4.746	-24.0%	4.56	-27.0%
Speed (km/hr)	29.360	33.898	15.5%	33.367	13.6%	34.61	17.9%
Fuel cost/trip (car)	3.124	5.648	80.8%	4.549	45.6%	4.48	43.4%
Consumer surplus cost by average trip (Equation 12)	6.428	5.500	-14.4%	5.951	-7.4%	6.39	-0.5%
(Form.12: cost by trip) $f = 1$	4.862	4.005	-17.6%	4.245	-12.7%	4.34	-10.8%
(Form.12: cost by trip) $f = 2$	6.344	5.205	-18.0%	5.509	-13.2%	5.77	-9.0%
(Form.12: cost by trip) $f = 3$	7.229	5.832	-19.3%	6.240	-13.7%	6.64	-8.2%
(Form.12: cost by trip) $f = 4$	7.873	6.143	-22.0%	6.730	-14.5%	7.23	-8.1%
(Form.12: cost by trip) $f = 5$	8.170	6.325	-22.6%	6.972	-14.7%	7.68	-6.0%
(Form.12: cost by trip) $f = 6$	4.530	3.571	-21.2%	4.051	-10.6%	5.38	18.9%
Annual average private (14) costs (\$k/pers.)	6.16	7.14	16.0%	6.81	10.6%	6.79	10.3%
Private Cost in% of total rev. (700 x 25 km) and % variation	19.0%	22.1%	16.0%	21.0%	10.6%	0.21	10.3%
Equation 18) Social welfare with tax rev – fixed charges - Total GHG (\$M)	10.394	8.9	-14.3%	9.7	-6.4%	10.6	2.0%

Note: Also with expansion of road capacity ( $Z$  increased 10%) and improvement of car fleet fuel efficiency ( $e$  decreased 20%). A short-term elasticity of -0.12 (price elasticity of gasoline) likely represents a twice greater elasticity in the long term (5 years or more). These values remain credible. The review of studies of Graham and Glaister (2002) conclude that the elasticities with respect to gasoline prices are usually in the order of -0.3 in the short term and are instead located between -0.6 and -0.8 over time.

Oil price increases alone or with a reduction in transit service both reduce the consumer surplus. The reduction in welfare is substantial and touches all social classes, while its worst impact is for lower income earners, who lose on all sides (lower quality of public transit and high price of car usage and lower tax revenues for society).

In the last option, improvement in transit service contributes to mitigating an increase in oil price. Nonetheless, its sole application seems unrealistic because it did not provide information on how public transit improvement is financed. In the next section, green taxes are examined both as incentives to influence behaviour and as financial sources for public transit improvement.

#### 4.3.3 The effectiveness of pricing policies

Several options of automobile pricing are possible. As mentioned above, our extended version of the model allows us to simulate various forms of green taxes. We present two sets with three scenarios in each one. First, we analyse the incidence of three different forms of green taxes relative to the base scenario (results are presented in Table 4.9). Second, we simulate combinations of several measures in three scenarios where oil prices are rising (results are in Table 4.10).

The first set of results illustrates not only specific green taxes, but completely different approaches to internalizing external costs. In the first option, a new tax is implemented, \$1 per litre of fuel. In the second option, there are no increases in global taxation, but 100% of the registration and insurance fixed costs are abolished and converted into variable costs, in the form of a kilometric charge. In the last scenario, a *parking cash out* program is simulated: half of the drivers paid \$5 per day for parking privileges at work (\$200 per month) but the income from this tax is redistributed to all commuters, regardless of their modes of transportation. A parking cash out has an effect similar as a tax on gasoline of \$1 per litre. The incidence of a simple transfer of existing fixed costs toward variable ones is smaller, but quite significant.

**Table 4.9**

Three incentives: fuel tax, conversion of fixed charges and parking cash out

	Base	Fuel tax (\$1 a litre)		Conversion of fixed charges to a kilometric charge		Parking cash out	
Car trip per day (peak hours) (10 <sup>6</sup> )	1.175	1.013	-13.8%	1.109	-5.6%	1.024	-12.8%
Transit trip per day (peak hours) (10 <sup>6</sup> )	0.421	0.533	26.7%	0.466	10.7%	0.525	24.7%
Active modes & car passengers (10 <sup>6</sup> )	0.248	0.298	20.1%	0.269	8.4%	0.295	18.9%
T = Car equivalent traffic (10 <sup>6</sup> )	1.220	1.069	-12.3%	1.159	-5.0%	1.080	-11.5%
Car and buses GHG (Mt/year)	6.243	5.191	-16.8%	5.791	-7.2%	5.265	-15.7%
Speed (km/hr)	29.360	34.404	17.2%	31.289	6.6%	34.016	15.9%
Fuel cost/trip (car)	3.124	5.612	79.6%	4.140	32.5%	4.509	44.3%
Equation 14) Consumer surplus cost by average trip	6.428	5.710	-11.2%	6.111	-4.9%	6.674	3.8%
Equation 15) Social welfare (including tax rev.) TOTAL	12.250	12.972	5.9%	11.125	-9.2%	13.993	14.2%
Annual average private transportation costs (\$/pers.)	6.16	7.05	14.5%	6.02	-2.3%	6.35	3.2%
Private Cost in% rev. total (700 x 25 km) and% variation	19.0%	21.8%	14.5%	18.6%	-2.3%	19.6%	3.2%
Private Cost \$/pers. f=1	56.1%	62.7%	11.8%	52.2%	-7.1%	48.2%	-14.2%
Private Cost \$/pers. f=2	17.0%	20.6%	21.3%	15.7%	-8.0%	16.3%	-4.3%
Private Cost \$/pers. f=3	21.9%	25.1%	14.9%	21.2%	-3.2%	22.5%	2.7%
Private Cost \$/pers. f=4	21.7%	24.8%	14.4%	21.3%	-1.5%	22.8%	5.2%
Private Cost \$/pers. f=5	18.3%	20.9%	13.8%	18.2%	-0.6%	19.4%	6.0%
Private Cost \$/pers. f=6	10.1%	11.3%	14.4%	10.0%	-1.5%	10.7%	5.2%



In reality, however, new measures will be implemented in a context where there will be a need for green taxes to finance public transit improvements and where many variables should change. The next set of simulations presents how our last measures should perform in this scenario for the future.

The three scenarios presented in Table 4.10 all point to a small increase in road capacity ( $Z$  increased 10%) with a significant improvement in car fleet fuel efficiency ( $e$  decreased 20%) and transit service (*travel duration by bus and waiting or transfer times for all transit are both* reduce by 20%). All the scenarios are put in the context of a \$1 fuel price increase.

In the first scenario we assume a 10 cent per litre fuel tax increase and an urban tool represented in our model by a 10 cent per kilometre charge (equivalent of a \$5 a day tool), to finance public transit improvement. The same hypothesis is kept for the second scenario, except that a parking cash out is implemented (as described previously). Finally, in the third scenario, the PCO is completed by the transfer of all registration and insurance fixed costs into kilometric charge.

**Table 4.10**  
Combination of measures in a post-peak oil future

	Base	Fuel tax (\$0.20/litre, and a toll (estimated by a \$0.1/km kilometric charge)*		Fuel tax with a parking cash out (PCO)*		Fuel tax with PCO and a transfer of all insurance and registration costs to a kilometric charge*	
Car trip per day (peak hours) (10 <sup>6</sup> )	1.175	0.895	-23.8%	0.827	-29.6%	0.676	-42.5%
Transit trip per day (peak hours) (10 <sup>6</sup> )	0.421	0.633	50.4%	0.683	62.4%	0.798	89.6%
Active modes & car passengers (10 <sup>6</sup> )	0.248	0.316	27.4%	0.334	34.4%	0.370	49.1%
T = Car equivalent traffic (10 <sup>6</sup> )	1.220	0.962	-21.1%	0.900	-26.2%	0.761	-37.6%
Car and buses GHG (Mt/year)	6.243	3.745	-40.0%	3.490	-44.1%	2.982	-52.2%
Speed (km/hr)	29.360	38.590	31.4%	41.268	40.6%	47.872	63.1%
Equation 12) Consumer surplus cost by average trip	6.428	5.613	-12.7%	5.415	-15.8%	5.836	-9.2%
Equation 13) Social welfare (including tax rev.) TOTAL	12.250	12.952	5.7%	12.088	-1.3%	13.609	11.1%
Annual average private transportation costs (\$k/pers.)	6.16	7.49	21.6%	7.14	16.0%	6.88	11.7%
Private Cost in% total rev. (700 x 25 km) and% variation	19.0%	23.1%	21.6%	22.1%	16.0%	21.3%	11.7%
Private Cost \$k/pers. f=1	56.1%	66.7%	18.9%	59.3%	5.6%	45.1%	-19.6%
Private Cost \$k/pers. f=2	17.0%	22.7%	33.6%	20.2%	18.5%	16.7%	-1.6%
Private Cost \$k/pers. f=3	21.9%	26.8%	22.6%	25.3%	15.6%	23.9%	9.2%
Private Cost \$k/pers. f=4	21.7%	26.2%	21.1%	25.2%	16.3%	24.6%	13.6%
Private Cost \$k/pers. f=5	18.3%	22.0%	20.0%	21.4%	16.9%	21.5%	17.2%
Private Cost \$k/pers. f=6	10.1%	11.9%	21.1%	11.9%	16.3%	12.6%	13.6%
Private Cost per year \$M	11356	13 807	20.0%	13 175	16.9%	12 686	17.2%
GHG cost (\$M)	624	374	-250	349	-275	298	-326
Consumer surplus/totals	35.00	33.52	-4.3%	33.03	-5.6%	37.07	5.9%
Social welfare with tax revenues minus fixed charges minus GHG cost TOTAL (\$M) (Derived from equation 18)	10.394	11.7	12.8%	11.7	12.3%	13.3	27.8%

\* Combined with expansion of road capacity (Z increased 10%), improvement of car fleet fuel efficiency (e decreased 20%) and in transit service (G<sub>2</sub> decreased 20%)



The first scenario results in a substantial reduction in car use (-23.8%), coupled with a marked increase in the use of public transportation (50.4%). When adding the PCO in the second simulation, then also converting fixed costs into variable costs in the third simulation, the impacts are even greater; car usage fall by 29.6% and by 42.5% respectively, while the transit ridership increased by 62.4% in the second scenario and by 89.6% in the third. The reductions in GHG emissions and for congestion, which can reach respectively 52.2% and 37.6%, are impressive.

In “green packages”, the social effect is also significant; every social group notices an improvement, including lower income earners, compared with the other situations with oil price increase (Table 4.8). However, the packages that include measures that bring revenues to finance public transit are simultaneously more efficient at reducing GHG and more equitable in a social perspective.

Finally, Anas and Timilsina (2009) have demonstrated the strength of the model on which we relied. (See their paper for the results of a number of sensitivity analyses). If our values had to be considered indicative - any change in the input or in the model calibration would modify some of them - our main results and conclusions remain strong.

#### **4.4 Conclusions and further remarks**

In this paper, we studied the efficiency and welfare effects of different policy instruments proposed to reduced traffic congestion and pollution, particularly GHG emissions. A trinomial model was used to replicate the modal choice and other data observed in the Montreal Metropolitan Area. Our main results are as follow.

First, we combined the following three measures: i) improving the supply of public transport, ii) expansion of road network, and iii) improving energy efficiency vehicles. A simulation combining these three measures can anticipate an increase of 8.3% of vehicles use. This confirm the presence of a lock-in effect when two measures bring about effects in opposite directions, the combination resulting in less effectiveness than initially expected from both of them separately. Increasing road capacity and improving fuel economy

effectively reduce the benefits of improving public transit by respectively giving cars a time and a cost advantage. While building more roads increases traffic speed, which reduces marginal emissions from existing car trips, it also attracts new car trips from the other modes. Improving car fuel economy reduces the cost of driving and encourages car travelers to drive more. In our model (in which the total km travelled is fixed), this rebound effect eradicates about 20% of the fuel economy allowed by cleaner cars.

Second, an increase of one dollar of gasoline prices caused by oil prices rise that theoretically induce a decline of 12.4% of car use in our model has its effect negated in a scenario combining highway expansion, improved energy efficiency with reduced public transport services, reducing the car use by only 0.8%. It demonstrates that gasoline price increase would be relatively inefficient at reducing consumption if the reduction of fiscal revenue results in disinvestment in public transit. This represents the worst case scenario on a social level (with the lowest social welfare, for every commuter but particularly for lower income earners).

A simultaneous improvement in public transit supply would reduce the negative welfare impact of an oil price increase while giving stronger benefits in terms of GHG reduction and congestion reduction. However, this scenario is unrealistic if there is no clear funding dedicated to transit development. If this funding comes from sources that are not related to car use (such as a car registration tax or non-car-related forms of taxation), the previous simulations prevails. Any form of car use taxation, such as an increase in fuel tax or a form of urban toll, would result in a stronger reduction in car use and a more impressive increase in public transit ridership, *ceteris paribus*.

Third, we studied two measures that are not considered in transit fundraising and who may offer a good balance of an integrated traffic management package: the transfer of actual fixed registration and insurance costs to a kilometric charge and the concept of *parking cash out*. We demonstrate that those measures could be complementary to the addition of environmental taxes intended to finance the improvement of public transport. They can also contribute to avoid a significant loss of the population welfare, particularly for the middle class and poor. Simulations combining several of these measures with higher oil prices can

anticipate reductions of car use ranging from 23.8% to 42.5% and of GHG emissions from 40.0% to 52.2% while public transport use will increase by 50.4% to 89.6%. Our model does not specify the time frame required for these changes, as we should not underestimate the political difficulties to get there. However, it demonstrates the presence of inconsistencies in current policies. Finally, it rises that coherent strategies would allow the achievement of ambitious objectives in terms of sustainable transport.

A main issue in asserting total transportation costs would be to have a better understanding of the relation of a larger set of variables on automobile possession rates, vehicle energy efficiency and travel distance. More research should also be done on parking management. Finally, the fact that some combinations of measures seem to be simultaneously more efficient in reducing GHG and more socially equitable represent avenues of future empirical and theoretical investigations into the social acceptability of economic incentives.

## References

- Agence métropolitaine des transports [AMT] (2010), *Enquête-Origine-Destination 2008, La mobilité des personnes dans la région de Montréal*, 26 p.
- Anas, A. and G. R. Timilsina (2009), *Impacts of Policy Instruments to Reduce Congestion and Emissions from Urban Transportation The Case of São Paulo, Brazil*, Policy Research Working Paper 5099, The World Bank, Development Research Group, Environment and Energy Team, September, WPS5099, 28 p.
- Anas, A. and H.-J. Rhee (2009), "Curbing Excess Sprawl with Congestion Tolls and Urban Boundaries", *Regional Science and Urban Economics*, 36, pp. 510–541.
- Anderson, L. G. et R. F. Settle (1998), *Analyse coûts-avantages. Un guide pratique*, Presses de l'Université du Québec et HEC-CETAI, 177 p.
- Armeliuss, H. and L. Hultkrantz (2006), "The Politico-Economic Link Between Public Transport and Road Pricing: An Ex-Ante Study of the Stockholm Road-Pricing Trial", *Transport Policy*, 13, pp. 162–172.
- Association mondiale de la route [AMR] (2009), *La tarification en tant qu'instrument de financement et de régulation, dans une optique d'équité*. Comité technique AIPCR 1.1 Aspects économiques des réseaux routiers, France, 157 p.
- Bardi, U. (2009), "Peak oil: The Four Stages of a New Idea", *Energy*, 34, pp. 323–326.
- Barla, P., B. Lamonde, L. F. Miranda-Moreno and N. Boucher (2009), "Traveled Distance, Stock and Fuel Efficiency of Private Vehicles in Canada: Price Elasticities and Rebound Effect", *Transportation*, 36, pp. 389–402.
- Bordoff, J. E. and P. J. Noel (2008), *Pay-As-You-Drive auto insurance: A simple way to reduce driving-related harms and increase equity*, The Hamilton Project, the Brookings Institution ([www.brookings.edu/~media/Files/rc/papers/2008/07\\_payd\\_bordoffnoel.pdf](http://www.brookings.edu/~media/Files/rc/papers/2008/07_payd_bordoffnoel.pdf)).
- Bréchet, T. et P. Van Brusselen (2007), « Le pic pétrolier : un regard d'économiste », *Reflets et perspectives de la vie économique*, no 4, Tome XLVI, pp. 63–81.
- Caldeira, K., S. J. Davis and L. Cao (2008), "Will Peak Oil Accelerate Carbon Dioxide emissions?", *Eos Trans. AGU*, 89 (53), Fall Meet. Suppl.
- Calthrop, E., S. Proost and K. Van Dender (2000), "Parking Policies and Road Pricing", *Urban Studies*, vol. 37, no. 1, pp. 63–76.
- CAA-Québec (2010), Coûts d'utilisation d'une automobile 2010, *Association canadienne des automobilistes, section Québec*, 12 p.
- Curtis, F. (2009), "Peak Globalization: Climate Change, Oil Depletion and Global Trade", *Ecological Economics*, 69, pp. 427–434.
- DeAlmeida, P. and D. Silva (2009), "The Peak of Oil Production: Timings and Market Recognition", *Energy Policy*, 37, pp. 1267–1276.
- Derycke, P.-H. (1997), *Le péage urbain : Histoire-analyse-politiques*, Édition Économica, 205 p.

Derycke, P.-H. (2000), « Mobilité, congestion, péage. Réflexion sur les politiques de réduction de l'encombrement urbain », *Revue d'économie régionale et urbaine*, No 1, pp. 157-168.

Edlin, A. S. and P. K. Mandic (2006), "The Accident Externality from Driving", *Journal of Political Economy*, 14 (5), pp. 931-955.

European Commission (2003), "EUR 20198 — External Costs, Research Results on Socio-Environmental Damages Due to Electricity and Transport", Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 24 pp, ISBN 92-894-3353-1, disponible sur [www.externe.info/externpr.pdf](http://www.externe.info/externpr.pdf)

Gaudry, M., S. Mallet et C. Marullo (1996), *BRQ-1 : un premier bilan intégré des coûts et revenus du réseau routier au Québec et du transport public de la grande région de Montréal de 1979 à 1994 [partie I + II + III]*, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal.

Gourvil, L. and F. Joubert (2004), *Évaluation de la congestion routière dans la région de Montréal*. Study conducted by Les conseillers ADEC inc. and the Ministère des Transports du Québec, 123 p.

Greene, D. L., P. D., Patterson, Singh, M. and Li, J. (2005), "Feebates, Rebates and Gas-Guzzler Taxes: A Study of Incentives for Increased Fuel Economy", *Energy Policy*, vol. 33, no. 6, April, pp. 757-775.

Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat [GIEC] (2007), *Résumé à l'intention des décideurs. Changements climatiques 2007 : Les éléments scientifiques, Contribution du Groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation du GIEC*, 18 p (voir aussi contribution du Groupe de travail II et III).

Heinberg R. (2005), *Party's Over: Oil, War and the Fate of Industrial Societies*, Canada, New Society Publishers, 288 p.

Himanen, V., M. Lee-Gosselin and A., Perrels (2004), "Impacts of Transport on Sustainability: Towards an Integrated Transatlantic Evidence Base", *Transport Reviews*, vol. 24, no. 6, pp. 691-705.

Johnson, K. C. (2006), "Feebates: An effective Regulatory Instrument for Cost-Constrained Environmental Policy", *Energy Policy*, 34, pp. 3965-3976.

Joubert, G., C. Laplante et G. Charrette (2009), *Évaluation des coûts de la congestion routière dans la région de Montréal pour les conditions de référence de 2003*, étude réalisée pour le ministère des Transports du Québec par Les Conseillers ADEC inc., 89 p.

Kunert, U. and H. Kuhfeld (2006), *The Diverse Structures of Passenger Car Taxation in Europe and the EU Commissions Proposal for Reform*, DIW Berlin, German Institute for Economic Research, Discussion papers 589, 22 p.

Litman, T. (1997), "Policy Implications of Full Social Costing", *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, Vol. 553, Transport at the Millennium (Sep.), pp. 143-156.



- Litman, T. (2002), "Evaluating Transportation Equity", *World Transport Policy et Practice*, Volume 8, Number 2, pp. 50-65.
- Litman, T. (2005), *Pay-As-You-Drive Vehicle Insurance: Implementation, Benefits and Costs*, Victoria Transport Policy Institute, 14 November, 12 p.
- Litman, T. (2008), *Pay-As-You-Drive Pricing In British Columbia*, Victoria Transport Policy Institute, 18 November, 10 p.
- Litman, T. (2009), *Distance-Based Vehicle Insurance As A TDM Strategy*, Victoria Transport Policy Institute, 10 June, 32 p.
- Litman, T. (2010b), *Changing Vehicle Travel Price Sensitivities. The Rebounding Rebound Effect*, Victoria Transport Policy Institute, For Submission to the 90th Transportation Research Board Annual Meeting, Paper 11-2474, September, 16 p.
- Marbek Resource Consultants Ltd., Resources for the future et DesRosiers Automotive Consultants Inc. (2005), *Élaboration des options de taxation avec remise des véhicules au Canada*, Rapport pour la TRNÉE, 13 octobre, 98 p.
- McPherson, G. R. and J. F. Weltzin (2008), "Implications of Peak Oil for Industrialized Societies", *Bulletin of Science Technology Society*, 28; pp. 187-191.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs [MDDEP] (2013), *Inventaire des émissions de gaz à effet de serre en 2010 et leur évolution depuis 1990*, Gouvernement du Québec, Direction des politiques de la qualité de l'atmosphère, 20 p.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2009), *Introduction Dutch Road Pricing Project*. Available at [http://publications.piarc.org/ressources/documents/actes-seminaires09/A3-budapest0509/13\\_WortelM\\_Netherlands\\_EN.pdf](http://publications.piarc.org/ressources/documents/actes-seminaires09/A3-budapest0509/13_WortelM_Netherlands_EN.pdf)
- Newman, P. and J. Kenworthy (1988), "The Transport Energy Trade-off: Fuel-t Traffic versus Fuel-efficient Cities", *Transp. Res-A*, vol. 22, no 3, pp. 163-174.
- Newman, P. and J. Kenworthy (1989), *Cities and Automobile Dependence, an International Sourcebook*, Angleterre, Gower Publishing Company Limited, Hants, 388 p.
- Oberholzer-Gee, F. and H. Weck-Hannemann (2002), "Pricing Road Use: Politico-Economic and Fairness Considerations", *Transportation Research Part D*, Vol. 7, no. 5, September, pp. 357-371.
- Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada [OEE] (2009), *L'Enquête sur les véhicules au Canada 2007*, Rapport sommaire, Septembre, 55 p.
- Organisation de coopération et de développement économique [OCDE] (2001), *Les taxes liées à l'environnement dans les pays de l'OCDE : Problèmes et stratégies*, Éditions OCDE, Paris, 156 p.
- OCDE (2006 b), *L'impact environnemental des transports, comment le découpler de la croissance économique*, Éditions OCDE, Paris, 128 p.
- Prades, J., R. Loulou et J.-P. Waaub, (1998), *Stratégies de gestion des gaz à effet de serre. Le cas des transports urbains*, Presses de l'Université du Québec, Montréal, Québec, Canada, 277 p.

- Proost, S. and K. Van Dender (2001), "The Welfare Impacts of Alternative Policies to Address Atmospheric Pollution in Urban Road Transport", *Regional Science and Urban Economics*, Volume 31, No 4, pp. 383-411.
- Proost, S. and K. Van Dender (2008), "Optimal Urban Transport Pricing in the Presence of Congestion, Economies of Density and Costly Public Funds", *Transportation Research Part A*, 42, pp. 1220-1230.
- Rubin, J. (2009), *Why Your World is About to Get a Whole Lot Smaller*, Random House Canada, 286 p.
- Shafiee, S. and E. Topal (2009), "When Will Fossil Fuel Reserves be Diminished?", *Energy Policy*, 37, pp. 181-189.
- Shoup, D. (1997), "Evaluating the Effects of Employer-Paid Cashing Out Parking: Eight Case Studies", *Transport Policy*, Vol. 4, No. 4, pp. 201-216.
- Shoup, D. (2005), *The High Cost of Free Parking*, American Planning Association (APA) Press, 734 p.
- Small, K. A. and K. Van Dender (2007a), "Fuel Efficiency and Motor Vehicle Travel: The Declining Rebound Effect", *Energy Journal*, vol. 28, no 1, pp. 25-51.
- Statistique Canada (2006), *Recensement 2006, Census Metropolitan Area - Région métropolitaine de recensement (CMA-RMR), Fichier des particuliers: 95M0028XVB, Fichier de microdonnées à grande diffusion (FMGD)*.
- Steg, L. (2003), "Factors Influencing the Acceptability and Effectiveness of Transport Pricing", in Schade, J. and B. Schlag Editors (2003), *Acceptability of Transport Pricing Strategies*, Elsevier, pp.187-202.
- Van Dender, K. (2009), "Energy Policy in Transport and Transport policy", *Energy Policy*, 37, pp. 3854-3862.
- Unruh, G. C. (2000), "Understanding Carbon Lock-In", *Energy Policy*, Vol. 28, pp. 817-830.
- Wieland, B., T. Seidel, A. Matthes, B. Schlag and J. Schade (2003), *Towards a "Psycho-Economical" Model of Political Acceptability in Transport Policy*, Contract No: GMA2/2001/52043 S07.15419, Transport Institutions in the Policy Process, Project Coordinator: Strafica Ltd, Finland, Funded by the European Commission, 5th Framework Programme - DGTREN.
- Xiongqi, P., Z. Lin, F. Lianrong, M. Qingyang, T. Xu and L. Junchen (2009), "The Evolution and Present Status of the Study on Peak Oil in China", *Pet. Sci.*, 6, pp. 217-224.

## CHAPITRE V

### COMBINAISON OPTIMALE D'INCITATIFS ÉCONOMIQUES APPLIQUÉS AUX TRANSPORTS ET ENJEUX D'ACCEPTABILITÉ SOCIALE : ÉTUDE DE CAS POUR LA RÉGION DE MONTRÉAL

#### Résumé

Le présent chapitre vise à analyser empiriquement divers incitatifs économiques destinés à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) et la congestion routière, tout en favorisant l'utilisation des transports collectifs et en tenant compte de leur acceptabilité sociale. Les options étudiées sont comparées en fonction de leur impact sur le bien-être social ainsi qu'en matière d'équité. Notre analyse intègre les résultats de modélisations de l'impact anticipé, pour la région de Montréal, d'une série incrémentale de combinaisons de mesures. Nous présentons ensuite quelques perceptions à leur égard exprimées par deux groupes de discussion tenus avec plusieurs acteurs de la région de Montréal. Puis nous cherchons des pistes sur les moyens permettant d'en accroître l'acceptabilité sociale. Nous appliquons au domaine des transports une définition de l'acceptabilité sociale, puis discutons de ses implications. Les résultats semblent indiquer un intérêt à combiner un bonus malus, la tarification des espaces de stationnement (incluant l'adoption d'une indemnités de stationnement), la mutation des frais fixes (immatriculation) en frais variables et l'imposition de nouvelles taxes destinées à financer le développement des transports collectifs.

**Mots clés :** *transport, stationnement, gaz à effet de serre, écotaxes, équité*

#### Abstract:

*This paper aims to identify, firstly, the characteristics of optimal combinations of economic incentives designed to effectively reach the goal of substantially reducing emissions of greenhouse gases (GHG) emissions and traffic congestion, while promoting increased use of public transport and taking into account their social acceptability. The options considered are compared according to their impact on social welfare and in terms of fairness. Our analysis incorporates the results of modeling of the anticipated impact, for the Montreal region, of a series of incremental combinations of measures. We then present some views expressed on within two focus groups held with several stakeholders from the Greater Montreal. Then he looks for tracks on ways to increase their social acceptability. We apply to transport a definition of social acceptability, and then discuss its implications. The results suggest a particular interest in combining a bonus malus, the pricing of parking spaces (notably the implementation of parking cash out), the transfer of fixed costs (registration) into variable costs and the imposition of new taxes aimed at financing a significant development of public transport.*

**Keywords:** *Transportation, Parking, Greenhouses Gases, Green taxes, Equity*

## 5.1. Introduction

En s'inspirant des travaux de Pigou (1920) et Knight (1924), plusieurs économistes plaident que l'utilisation d'incitatifs économiques devrait jouer un rôle important afin de réduire les externalités associées aux transports. De tels incitatifs permettraient ainsi une allocation plus efficiente des espaces routiers ainsi que des ressources naturelles (Vickrey, 1968; Lindsey, 2006).

Le recours aux instruments économiques se bute toutefois au mur de l'acceptabilité sociale : "An important paradox in transport policies is that effective instruments are not acceptable, while acceptable policies are not very effective" (Steg, 2003). Il est en effet reconnu que l'acceptabilité sociale demeure le principal obstacle à l'implantation des écotaxes (Viegas et Macario, 2001; Banister, 2008). Parmi les principales préoccupations soulevées, soulignons particulièrement les craintes associées aux effets distributifs anticipés et l'aversion envers ce qui est perçu comme une hausse du fardeau fiscal (Ekins and Dresner, 2004; OCDE, 2006a).

Si l'acceptabilité de la tarification routière et des péages urbains fait maintenant l'objet d'une large littérature (CERTU, 2001), peu de travaux abordent de front la problématique de la complémentarité entre différentes mesures et leur acceptabilité. Il est aussi reconnu que leur conception demeure également un grand défi au niveau de la recherche (Himanen et coll., 2004). L'OCDE a d'ailleurs publié un recueil sur les combinaisons d'incitatifs économiques en gestion de l'environnement portant sur nombre de domaines d'application. Le secteur des transports en est toutefois absent (OCDE, 2007). C'est un enjeu pourtant crucial, certaines politiques et pratiques pouvant s'avérer complémentaires ou, *a contrario*, seraient susceptibles de s'opposer aux mesures de tarification des transports plus généralement étudiées (Anas et Timilsina, 2009). Ainsi, Manville et Shoup (2005) considèrent que l'importance des enjeux liés au stationnement serait sous-estimée, tant par les professionnels de la planification que par les milieux académiques. Un reproche que pourrait aussi bien faire Litman (1997) concernant la proposition de transférer les frais fixes d'assurances et d'immatriculation en frais variables, une idée proposée par Vickrey (1968).



Ensuite, Gärling et coll. (2002) soulèvent l'importance d'adopter un ensemble de mesures de gestion de la demande en transport répondant à un choix stratégique afin d'influer sur les choix de déplacement de la façon désirée. Johnston (2006) a fait la revue de plusieurs études et modélisations américaines et européennes concernant les politiques visant à réduire les déplacements motorisés, la consommation de carburant et les émissions associées. Il conclut que l'adoption simultanée d'incitatifs économiques, de mesures touchant l'aménagement du territoire ainsi que l'amélioration significative de l'offre de transports collectifs induirait des bénéfices environnementaux et socioéconomiques additionnels. Une plus grande équité dans la distribution des bénéfices du système de transport en résulterait. Litman (2011a) ajoute que la plupart des analyses concernant la réduction des émissions souffrent de nombreux biais. Parmi ceux-ci, il considère le fait d'ignorer la gestion de la mobilité ou, du moins, de ne considérer qu'un nombre limité de stratégies et d'en sous-estimer les bénéfices.

À cela s'ajoute le contexte de croissance des prix du pétrole, une tendance qui est envisagée par de nombreux auteurs (Bréchand et Van Brusselen, 2007; McPherson et Weltzin, 2008; Rubin, 2009) et qui devrait sensiblement influencer sur notre façon de concevoir la ville (Bazet-Simoni et coll., 2011). Ainsi, quelque 63 pays ont déjà vu leur production de pétrole diminuer après avoir atteint leur pic, tandis que 35 autres seraient sur le point d'atteindre celui-ci (Xiongqi et coll., 2009). La question n'est plus de savoir si la production mondiale de pétrole va diminuer, mais quand cela se produira (Shafiee et Topal, 2009; De Almeida et Silva, 2009), comment cette réalité sera acceptée (Bardi, 2009) et quelles en seront les conséquences politiques (Friedrichs, 2012). C'est dans ce contexte que nous nous sommes posé la question générale suivante :

- ❑ Quelles sont les incidences en matière d'efficacité et d'équité de différentes combinaisons de mesures destinées à réduire les émissions de GES et la congestion?

Ensuite, considérant qu'un des objectifs des stratégies recherchées consiste à préconiser des solutions de remplacement au transport automobile, on peut poser une question subsidiaire :

- ❑ Quelles mesures ou combinaisons de mesures tendent à favoriser davantage les transports collectifs et actifs (TA)?



Après avoir répondu aux questions précédentes, nous aurons de bonnes indications quant à savoir dans quelle mesure les incitatifs étudiés permettent avec efficacité de réduire les émissions de GES et de faciliter l'utilisation des transports collectifs. Toutefois, l'impact social des mesures demeure un enjeu majeur, notamment sur le plan de l'acceptabilité. C'est pourquoi nous répondrons à la question suivante :

- Quelles mesures et combinaisons de mesures tendraient à réaliser non seulement l'amélioration du bien-être collectif, mais particulièrement celui des ménages les moins fortunés, tout en favorisant l'acceptabilité sociale?

Nous répondons à ces questions en présentant d'abord quelques enjeux relatifs à six formes d'écotaxes que nous avons retenues pour fins d'analyse. Puis nous procédons à de nouvelles estimations à partir d'un modèle permettant de simuler, pour la région de Montréal, l'impact de différentes combinaisons de mesures. Nous ajoutons à notre réflexion les constats découlant de deux groupes de discussions tenus avec des représentants de parties prenantes de la région montréalaise. Enfin nous discutons des enjeux d'acceptabilité sociale. Cela nous permettra finalement de répondre à une ultime question :

- L'écofiscalité représente-t-elle une solution efficace et acceptable pour réduire les externalités liées aux émissions de gaz à effet de serre (GES) et à la congestion dans le transport urbain de personnes?

Ce chapitre se déroulera comme suit : dans la section deux (5.2), les mesures auxquelles nous faisons référence y sont d'abord décrites, puis la section trois (5.3) présente la méthodologie et les résultats des simulations effectuées avec les modélisations appliquées à la région de Montréal. Ensuite, nous discutons, dans la section quatre (5.4), de l'enjeu de l'acceptabilité sociale, d'abord en présentant les résultats de groupes de discussion (5.4.1), puis avec une comparaison de l'acceptabilité d'une tarification en fonction de différentes allocations des revenus (5.4.2). Suivent enfin quelques recommandations stratégiques destinées à appuyer la mise en œuvre des mesures proposées (5.4.3). La conclusion suit (5.5).

## **5.2 Analyse de quelques écotaxes appliquées aux transports**

Une volonté de plus en plus forte de mettre en place des incitatifs économiques visant à internaliser les coûts externes associés aux transports se manifeste à l'échelle mondiale

(Himanen et coll. 2004; OCDE, 2006a et b). Ces incitatifs prennent plusieurs formes. En voici quelques-unes :

- ❑ Le bonus malus (ou feebates) : Il s'agit d'un programme consistant à taxer les véhicules les plus énergivores tout en subventionnant l'acquéreur des véhicules plus écoénergétiques afin de les favoriser (CGDD, 2010). La France, en 2008, et l'Allemagne, en 2009, font partie des pays qui l'ont officiellement implanté, quoique d'autres pays appliquent également des formes de taxation différentielle.
- ❑ Les frais d'immatriculation (registration fees) : Ce sont des frais fixes annuels. Ceux-ci peuvent être modulés ou non selon l'efficacité des véhicules.
- ❑ Les taxes sur l'essence : Sterner (2007) les considère comme le plus puissant outil permettant de réduire les émissions de GES. Des hausses de celles-ci ont fait manifestement partie des stratégies visant la réduction des émissions de GES de plusieurs pays, dont le Royaume-Uni et l'Allemagne<sup>75</sup>.
- ❑ Les péages urbains : Leur introduction, à Londres en 2003 et à Stockholm en 2006, a relancé l'intérêt envers ce type de mesures, initié par Singapour qui avait fait figure de pionnière en l'implantant dès 1975 (converti en péage électronique en 1998).
- ❑ Taxes kilométriques : Plusieurs pays, dont l'Allemagne, l'Autriche, la Suisse et la République tchèque, ont adopté au cours des dernières années des taxes selon le kilométrage parcouru, appliquées exclusivement au secteur du camionnage<sup>76</sup>. Le Japon impose toutefois des frais à tous les usagers de ses autoroutes.
- ❑ Tarification des stationnements : Différentes politiques permettent de gérer l'offre et de tarifier les espaces de stationnement.

La mise en œuvre de ces politiques découle d'une reconnaissance assez généralisée que l'omission de nombreux coûts environnementaux et sociaux dans le secteur des transports induit une utilisation non optimale des véhicules. En effet, les consommateurs sont ainsi incités à acquérir davantage de véhicules, souvent plus gros, et à les utiliser plus fréquemment que s'ils avaient eu à assumer les véritables coûts résultant de leurs choix. La même logique amène d'ailleurs à considérer les bénéfices externes associés à l'utilisation des

---

<sup>75</sup> L'Allemagne est connue pour les hausses significatives des écotaxes qui se sont inscrites dans le cadre d'une réforme écologique de la fiscalité mise en œuvre de 1998 à 2003 (Buehler et coll. 2009).

<sup>76</sup> L'entrée en vigueur de la taxe française prévue initialement pour 2011 a été toutefois repoussée : <http://www.actualites-news-environnement.com/23414-taxe-kilometrique-poids-lourds-reportee-2012.html>.

transports collectifs comme des justifications fondamentales à leur financement public. Ces incitatifs ont servi de cadre de référence pour la présente étude.

### 5.2.1 Efficacité des écotaxes et présence d'effets pervers potentiels

Les émissions de GES par personne dans le secteur des transports routiers (*RGHGPC*) découlent principalement des trois facteurs suivants (Schipper et coll., 2000) : i) le stock de véhicules (*SA*); ii) l'efficacité énergétique moyenne de ceux-ci (*CR*) et iii) le kilométrage parcouru (*KA*). À ces facteurs s'ajoute également la période d'utilisation des véhicules (phénomène de congestion).

Soulignons qu'une mesure ayant un impact sur une de ces variables est susceptible d'induire également un effet opposé sur une autre. On peut illustrer cette problématique par les trois exemples suivants. Premièrement, une mesure destinée à réaliser une amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules, comme le bonus malus, pourrait induire une hausse de leurs stocks (en abaissant le coût d'achat des petites voitures d'entrée de gamme). Deuxièmement, il est reconnu que, pour le consommateur, une amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules est équivalente à une baisse du prix de l'essence. Celle-ci induit une hausse des distances parcourues, ce que les économistes appellent l'effet rebond (Litman, 2011b). Troisièmement, une écotaxe appliquée exclusivement aux automobilistes fréquentant le centre-ville (péages urbains) pourrait théoriquement y réduire le nombre d'automobilistes en les faisant fuir vers la banlieue, là où ils seraient susceptibles de parcourir de plus grandes distances, donc d'accroître, au total, leurs émissions.

Il est donc primordial de considérer ces types d'effets « pervers » avant d'adopter toute mesure ou politique visant à réduire les émissions de GES. Nous en tenons compte dans l'analyse des différentes mesures que nous présentons maintenant : i) le bonus malus; ii) la gestion de l'offre et la tarification des stationnements; iii) les péages urbains et la taxe kilométrique; iv) les frais fixes et leur conversion en frais variables et v) la taxe sur l'essence.

### 5.2.2 Bonus malus

L'impact des taxes imposées sur les petits véhicules écoénergétiques et sur les véhicules de luxe (manifestement plus énergivores) a été évalué dans des travaux précédents. En réunissant leurs résultats, cela nous permet de répondre à la question suivante :

- Quels sont les impacts des baisses de taxes sur les petits véhicules visant à promouvoir l'efficacité énergétique (un fondement du bonus malus)?

Il est démontré qu'une baisse de taxes sur les véhicules vendus 13 000 dollars est corrélée positivement avec deux facteurs : d'abord, avec une amélioration de l'efficacité énergétique du parc de véhicules, mais également avec une hausse des stocks de véhicules (chapitre II). Toutefois, dans le cas de cette variable, une hausse globale des émissions de GES est aussi constatée (chapitre 3). Cela signifie que la mise en œuvre d'un bonus doit non seulement être accompagnée d'un malus, mais également qu'il faudrait probablement réduire l'ampleur des subventions aux petites voitures (par exemple, en utilisant les revenus du malus pour financer les subventions accordées aux acquéreurs de véhicules électriques ou hybrides, plutôt que d'abaisser le prix des véhicules d'entrée de gamme). On pourrait également envisager une variante susceptible de contribuer au financement de transports collectifs, dans la mesure où les citoyens seraient plus favorables à des hausses de taxes sur les véhicules les plus polluants qu'à des taxes uniformes sur l'ensemble des véhicules.

### 5.2.3 Gestion de l'offre et tarification des stationnements

La réduction de l'offre d'espaces de stationnement fournis aux employés et l'augmentation des tarifs de stationnement au centre-ville sont toutes deux corrélées avec des baisses significatives des émissions de GES ainsi qu'avec une hausse des taux d'utilisation des transports collectifs. Cela semble indiquer que l'effet incitatif potentiel favorisant la baisse des émissions dominerait tout autre effet.

Pour Shoup (1997; 2005) et Litman (2002; 2006), les stationnements fournis gratuitement par les employeurs constituent une des plus importantes subventions à l'usage de l'automobile. Shoup (2005) estime que la valeur de ces subventions est équivalente à 4,40 \$ par gallon d'essence (1 \$/litre). Aux États-Unis, elles représenteraient près de 1 % du PIB. Shoup et

Litman proposent de remplacer le stationnement fourni gratuitement par un stationnement payant, jumelé à l'octroi d'une allocation forfaitaire à tous les employés, que ceux-ci sont libres d'utiliser à leur guise. Ces derniers peuvent en profiter pour défrayer le coût du stationnement ou pour acquérir des titres de transports collectifs. Ils peuvent la conserver dans leurs poches en optant pour les transports actifs ou le covoiturage. Ce concept de paiement compensatoire pour la non-utilisation des places de stationnement est connu sous l'expression *parking cash out (PCO)*.

Au Canada, une entreprise qui fournit un espace de stationnement gratuitement à ses employés devrait théoriquement déclarer la valeur de celui-ci comme un revenu imposable (Agence du revenu du Canada, 2009). Le gouvernement du Québec applique la même règle, sous la contrainte que l'employeur doit toutefois en connaître la « juste valeur marchande », une information souvent lacunaire (Revenu Québec, 2011). En pratique, cet aspect légal est peu appliqué actuellement<sup>77</sup>, les entreprises intégrant les frais associés aux espaces de stationnement dans leurs frais généraux, tandis que les gouvernements manquent d'information sur les espaces de stationnement fournis par les employeurs<sup>78</sup>.

L'incidence de l'implantation, sur le territoire de la région métropolitaine de Montréal, des indemnités de stationnement (*PCO*) a été simulée (chapitre 4), avec l'hypothèse de frais de 10 \$ par jour ouvrable (200 \$ par mois) imposés à la moitié des travailleurs. Les revenus générés par une telle mesure sont entièrement remis aux travailleurs, indépendamment du mode de transport choisi. Les simulations prédisent alors une baisse de 13 % du nombre de véhicules utilisés (lorsque l'employeur fournit le stationnement gratuitement, 64 % des employés viennent travailler en tant que conducteurs automobiles alors que ce taux chuterait à 56 % lorsque les travailleurs doivent défrayer pour celui-ci). Ces résultats sont dans des ordres de grandeur similaires à ceux mesurés ou anticipés par d'autres études (voir le tableau 5.1).

---

<sup>77</sup> Seuls 30 % des répondants à un sondage sur les « navetteurs » de la Rive-Sud qui se déplacent régulièrement vers Montréal ont affirmé payer pour leur stationnement au travail. La proportion double à 59 % pour les emplois situés au centre-ville (Impact Recherche, 2002). Elle serait donc largement inférieure pour les pôles d'emplois situés en banlieue. Shoup (2005) estime que les automobilistes américains profitent de stationnements gratuits dans 99 % de leurs déplacements.

<sup>78</sup> M. André Bourbeau, Transport Canada, Comm. pers. (6 novembre 2008).



**Tableau 5.1**

Pourcentage des employés conduisant seuls pour se rendre au travail, avant et après la tarification des espaces de stationnement

	Date de l'étude	Stationnement payé par		Réduction	Options étudiées
		Employeur	Employé		
Californie du Sud	1997	76 %	63 %	17 %	<i>PCO</i>
Minneapolis, MN	1999	87 %	67 %	23 %	<i>PCO</i>
Eden Prairie, MN	1999	93 %	87 %	6 %	<i>PCO</i>
Bellevue, WA	S. O.	89 %	54 %	39 %	<i>PCO</i>
Washington, DC	1991	72 %	50 %	31 %	gratuit vs payant
Los Angeles, CA	1991	69 %	48 %	30 %	gratuit vs payant
Los Angeles, CA	1989	75 %	43 %	43 %	gratuit vs payant
Portland, OR*	2001	62 %	46 %	26 %	gratuit vs payant
Montréal, QC*	2012	64 %	56 %	13 %	<i>PCO (pour la moitié des travailleurs)</i>

\* Résultats obtenus par simulations. Pour Montréal, donne la proportion de conducteurs.<sup>79</sup>

Sources : Weinberger et coll. (2010, p. 19) et chapitre IV de la thèse.

Les résultats obtenus démontrent donc que la gestion de l'offre et la tarification des espaces de stationnement, particulièrement ceux fournis aux travailleurs, devraient représenter un pilier des stratégies de gestion de la demande de transport<sup>80</sup>.

#### 5.2.4 Péages urbains et taxe kilométrique

Les résultats obtenus dans les villes ayant implanté des péages urbains démontrent que ceux-ci ont permis des réductions substantielles des niveaux de congestion (CERTU, 2001; Lefebvre et coll., 2009). L'expérience de Stockholm a toutefois démontré que l'ajout

<sup>79</sup> Considérant que, dans le cas de Montréal, la baisse de 13 % du nombre total d'automobiles est associée à une mesure touchant seulement la moitié des travailleurs, on peut extrapoler que l'impact réel serait une réduction de l'ordre de 26 % chez les automobilistes touchés.

<sup>80</sup> Des projets pilotes sont effectués à Londres par lesquels les frais de stationnement sont même modulés en fonction de la taille des véhicules (Kodransky et Hermann, 2011).

d'exemptions aux véhicules dits « verts » venait diminuer l'efficacité du système à réduire la congestion (Hultkrantz et Liu, 2009).

Il est également possible de taxer les véhicules selon la distance parcourue ou d'imposer des péages urbains. Des analyses économétriques présentées aux chapitres 2 et 3 portent sur un indicateur de coûts variables qui intègre la taxe kilométrique appliquée au camionnage dans plusieurs pays<sup>81</sup> (ainsi que la taxe sur le diesel ainsi que la présence de péages). Une hausse de ces coûts variables contribuerait effectivement à réduire les émissions de GES tout en encourageant les modes de transports autres que l'automobile, notamment en réduisant le stock de véhicules.

### 5.2.5 Frais fixes vs frais variables

Outre le coût d'achat, la présence de frais fixes importants – immatriculation et assurances – peut contribuer à restreindre le taux d'acquisition de véhicules (OCDE, 2006). Des régressions présentées effectuées au chapitre 3, il ressort que des hausses de frais d'immatriculation pourraient être associées à des augmentations des émissions de GES. Il semblerait que ces frais tendraient à remplacer d'autres formes de tarification davantage associées à l'usage des véhicules, ce qui induirait alors une hausse des taux d'utilisation et l'acquisition de plus gros véhicules. L'imposition de frais fixes plus élevés est aussi corrélée négativement avec l'utilisation des transports collectifs. Des frais fixes relativement élevés – l'exemple extrême étant le cas de Singapour – semblent requis pour que ceux-ci réduisent effectivement les taux de possession automobile (Koh, 2004).

Ces constats viennent appuyer l'idée de procéder à la mutation des frais fixes en frais variables, selon le concept *pay-as-you-drive* (Litman, 1997, 2008; Kunert et Kuhfeld., 2006). Cette idée avait d'ailleurs été proposée dès la fin des années 1960 par le prix Nobel d'économie William Vickrey (1968), qui y voyait une façon de rendre les assurances plus justes et efficaces.

---

<sup>81</sup> Concernant la taxe kilométrique sur le sur le camionnage cette taxe étant indépendante de la taille des camions, elle aurait toutefois tendance à encourager l'acquisition de plus gros véhicules, sauf dans le cas de la Suisse où elle est calculée en tonnes de marchandises transportées par kilomètre : <http://www.internationaltransportforum.org/statistics/taxation/index.html>

### **5.2.6 Taxes sur les carburants**

La hausse des taxes sur l'essence et le diesel permettrait d'influer, dans le sens recherché, à la fois sur le kilométrage parcouru, le stock de véhicules et leur efficacité énergétique (Sternier, 2007). Cette mesure présente toutefois une plus faible influence sur la période d'utilisation que l'imposition d'un péage urbain, un facteur important pour la congestion.

L'augmentation des taxes sur les carburants a été une des principales mesures appliquées par l'Allemagne (Beuermann et Santarius, 2006), qui a vu baisser de 17,7 % ses émissions de GES dans le secteur des transports routiers en une décennie (1999-2009). Cela constitue la diminution la plus importante constatée dans les 37 pays que nous avons étudiés<sup>82</sup>. Imposer des hausses substantielles de taxes sur les carburants n'est toutefois pas une mesure particulièrement populaire. Cette politique risque de s'avérer plus difficile à faire accepter dans un contexte de cours élevés du pétrole.

Finalement, il faudra dorénavant tenir compte du fait que le succès même des stratégies susceptibles d'être adoptées pourrait contribuer à réduire l'assiette fiscale provenant de ces mêmes taxes. Nous mesurons d'ailleurs ces conséquences à la section 5.3.5.

Nous avons décrit les principaux incitatifs économiques qui ont fait l'objet de notre analyse. Voyons maintenant les résultats de simulations combinant plusieurs d'entre eux.

## **5.3 Simulations de combinaisons de mesures : modèle appliqué à Montréal**

### **5.3.1 Méthodologie et nouvelles hypothèses**

Nous nous appuyons sur un exercice de modélisation qui a été réalisé en appliquant à Montréal un modèle développé par Anas et Timilsina (2009) pour la ville de São Paulo. Il s'agit d'un modèle logistique, lequel permet de reproduire les parts modales pour trois modes de transport pour la population de la région de Montréal (présenté au chapitre 4). Les résultats permettent d'évaluer l'impact de différentes combinaisons de mesures, non

---

<sup>82</sup> Données disponibles sur Eurostats.ec.

seulement en matière de choix modal et d'incidences sur les niveaux de congestion, mais également en fonction de leurs impacts socioéconomiques sur les citoyens pour six classes de revenus distincts. Il permet également d'inclure, dans les scénarios simulés, l'anticipation de hausses significatives des prix du pétrole, afin de pouvoir évaluer l'incidence environnementale et socioéconomique des mesures étudiées dans un contexte beaucoup plus proche de celui dans lequel elles risquent de se voir implanter.

Dans le présent chapitre, nous utilisons la même méthodologie, tout en procédant à des simulations permettant d'étudier une série de scénarios basés sur de nouvelles hypothèses. Les résultats permettent d'appréhender les incidences d'une série de mesures incrémentales pour la région de Montréal. Puis nous présentons un estimé des impacts socioéconomiques anticipés, en extrapolant à l'ensemble du Québec divers scénarios potentiels en matière de niveaux de prix et de consommation d'essence et d'autres produits pétroliers. Pour la présente analyse, nous avons donc réalisé de nouvelles simulations avec les scénarios suivants (les hypothèses détaillées sont présentées au tableau 5.2) :

- Nous prenons comme scénario de référence les parts modales constatées pour la Communauté métropolitaine de Montréal en vertu des données du recensement de 2006 de Statistique Canada (scénario de base). Il est à noter que les prix de l'essence ont augmenté, puis sont revenus approximativement aux mêmes niveaux en 2009.
- Le scénario 1 suppose une baisse du prix du pétrole ainsi qu'une détérioration de l'offre de transports collectifs;

Nous avons simulé six autres scénarios dont chacun représente une variante du précédent :

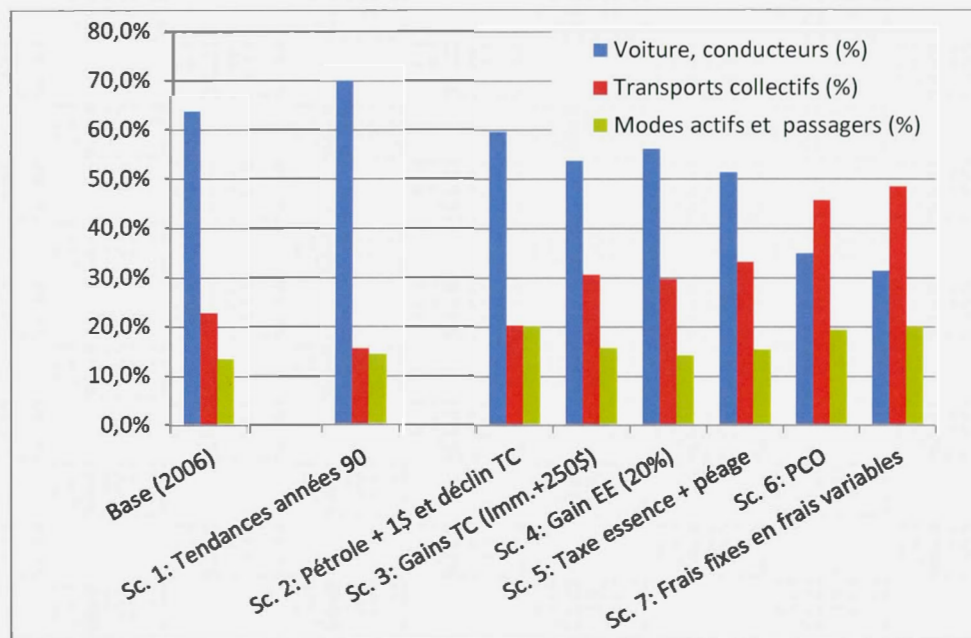
- Scénario 2 : Hausse du prix du pétrole (1 \$/litre) et détérioration de l'offre de transports collectifs;
- Scénario 3 : Hausse du prix du pétrole (1 \$/litre) et amélioration de l'offre de transports collectifs, financée par une hausse des frais d'immatriculation;
- Scénario 4 : *Idem* au scénario 3, avec une amélioration de 20 % de l'efficacité énergétique des véhicules;
- Scénario 5 : *Idem* au scénario 4, mais la surtaxe sur l'immatriculation est remplacée par la mise en place d'un péage urbain ainsi que par une hausse de la taxe sur l'essence;

- ❑ Scénario 6: *Idem* au scénario 5, avec l'ajout du *parking cash out*;
- ❑ Scénario 7 : *Idem* au scénario 6, avec une mutation des frais fixes en frais variables (les frais d'assurances et d'immatriculation sont facturés selon le kilométrage parcouru).

Nous présentons maintenant des figures illustrant synthétiquement l'ensemble des résultats permettant de comparer ces divers scénarios. Leur description détaillée suit.

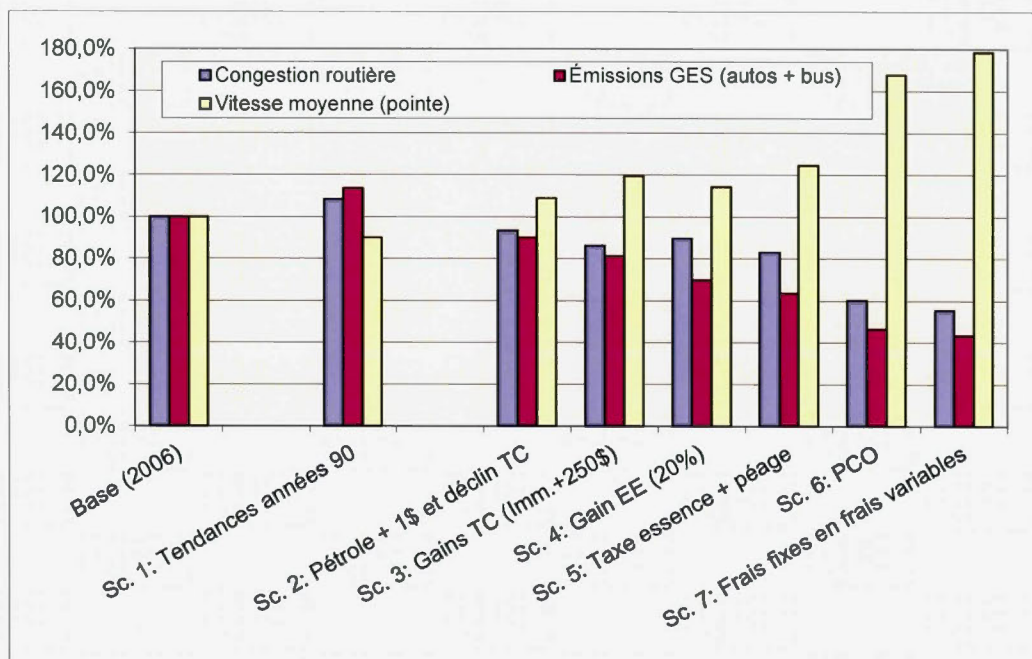
### 5.3.2 Synthèse graphique des résultats

Les impacts de chacun de ces scénarios sont d'abord mesurés sur le plan de choix modaux (illustrés à la figure 5.1). Suivent leurs incidences sur les niveaux de congestion et d'émission de GES ainsi que sur la vitesse moyenne de circulation à l'heure de pointe (figure 5.2). Leurs impacts socioéconomiques sont ensuite présentés dans les figures 5.3 à 5.5 : d'abord, les variations des dépenses privées en transport selon la classe de revenus (figure 5.3), suivis des dépenses privées en transport en pourcentage des revenus (figure 5.4), puis des variations du bien-être social, incluant les revenus fiscaux (figure 5.5).

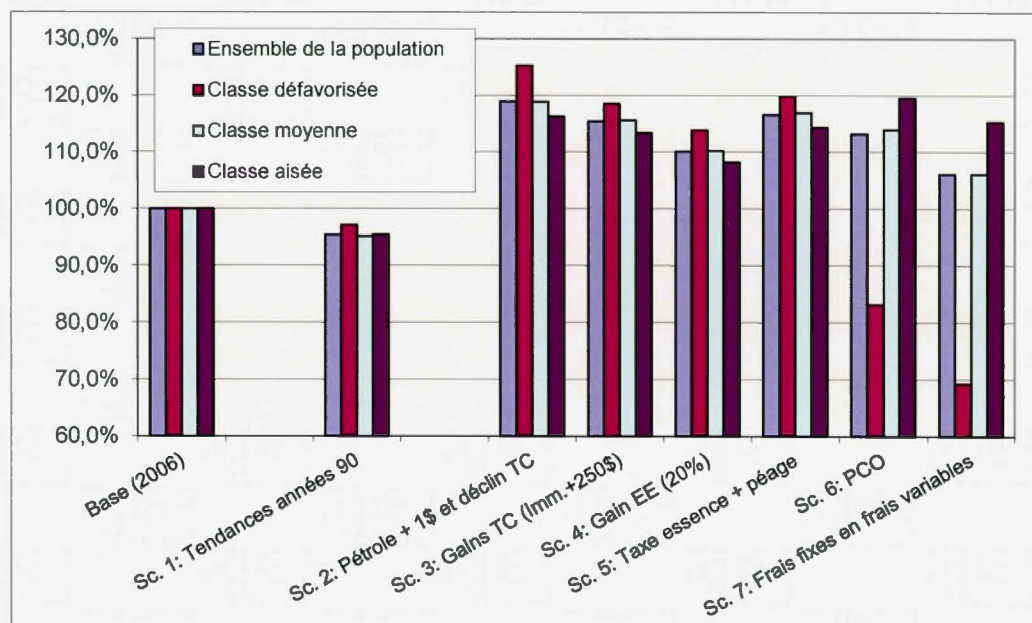


**Figure 5.1** Impacts sur les choix modaux, selon les sept scénarios étudiés pour Montréal

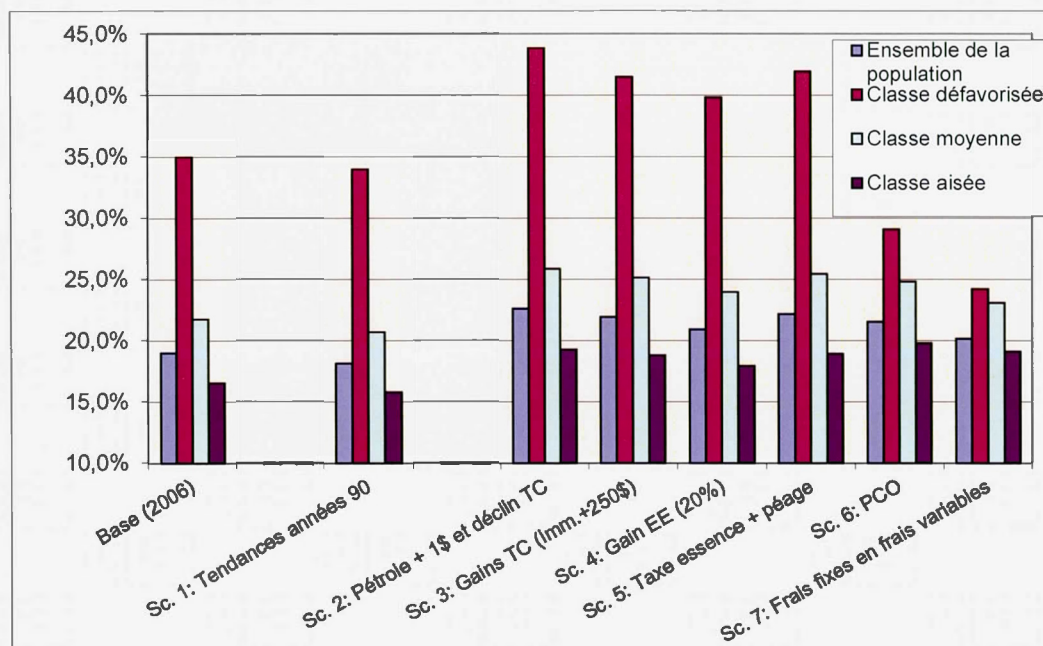




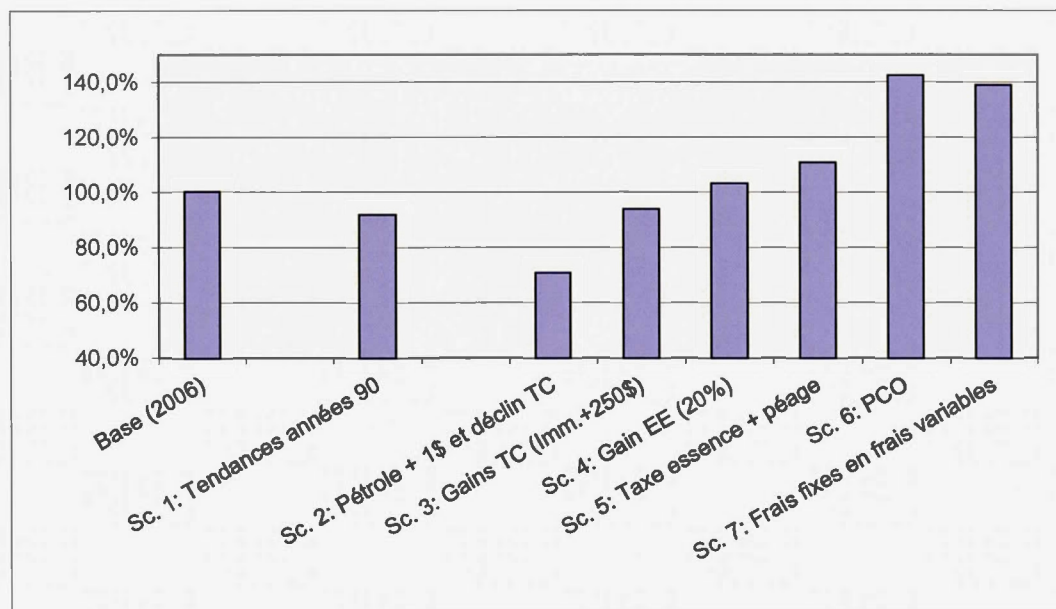
**Figure 5.2** Impacts sur la congestion, les émissions de GES et la vitesse moyenne



**Figure 5.3** Variations des dépenses privées en transports, selon la classe de revenus



**Figure 5.4** Dépenses privées en transports, en pourcentage des revenus



**Figure 5.5** Variations du bien-être social (incluant les revenus fiscaux)

### 5.3.3 Analyse des résultats

Nous décrivons maintenant plus explicitement chacun de ces scénarios, puis nous tirons les principaux enseignements découlant des simulations effectuées.

- Dans le premier scénario (Sc. 1), nous avons visé à illustrer ce qui arriverait aujourd'hui si les citoyens devaient faire face aux mêmes tendances constatées durant les années 1990 : i) un accroissement du temps requis pour se déplacer en transport en commun, dû à la fois à une réduction de l'offre ainsi qu'à un déplacement de population vers les banlieues moins bien desservies; ii) une réduction en termes réels des prix de l'essence. Ce scénario revêt une importance particulière dans la mesure où il pourra constituer la principale référence pour nombre de citoyens.

Revivre aujourd'hui les désinvestissements dans les transports collectifs vécus dans les années 1990, jumelés à une baisse des coûts du pétrole, favoriserait une hausse de l'usage de l'automobile, entraînant une augmentation des émissions de GES, une hausse de la congestion et une baisse des vitesses de déplacement. Les citoyens, toutes classes de revenus confondues, profitent néanmoins des périodes caractérisées par des baisses du prix du pétrole, avec une amélioration de leur bien-être général. Les citoyens les plus défavorisés sont toutefois affectés par des hausses tarifaires dans les transports collectifs.

- Le deuxième scénario suppose une hausse du prix de l'essence d'un dollar le litre, due à une augmentation du prix du pétrole, à l'instar de la situation vécue aux États-Unis suite à la forte hausse du prix du pétrole en 2008. Celle-ci a affecté la croissance économique et réduit la marge de manœuvre financière des villes et des États, d'où ont résulté des réductions dans les services de transports collectifs (et/ou une augmentation de leurs tarifs).

Dans ce scénario, malgré une hausse significative du prix du pétrole, les parts modales demeurent inchangées relativement à la situation actuelle. Sur le plan social, ce scénario représente la pire option : d'importantes augmentations des coûts de transport sont

constatées, jumelées à des réductions significatives du bien-être collectif, et ce, pour toutes les couches sociales. Les citoyens ayant un plus faible revenu sont toutefois particulièrement affectés.

- Dans le troisième scénario, la hausse du prix du pétrole est maintenue, mais nous supposons maintenant que l'offre de transports collectifs est bonifiée (et qu'il n'y a pas de hausses tarifaires importantes). Ce choix est financé par une hausse des frais d'immatriculation annuels de 250 \$ par véhicule. Dans ce scénario, comme dans les suivants, nous conservons les mêmes hypothèses en matière d'amélioration des services de transports collectifs (la vitesse des autobus est accrue de 30 %, tandis que le temps d'attente est réduit de 30 % dans notre modèle).

Résultats? Une baisse significative de l'usage de l'automobile est constatée, tout comme une hausse importante de l'utilisation des transports collectifs. L'impact socioéconomique de la hausse du prix du pétrole est atténué, mais demeure élevé.

- Le quatrième scénario reprend toutes les hypothèses du précédent, mais on y suppose un gain de 20 % de l'efficacité énergétique de l'ensemble du parc de véhicules, gain qui découlerait de l'adoption de mesures telles qu'un *bonus malus* à l'achat ou à l'immatriculation des nouveaux véhicules.

Avec une réduction de 20 % des niveaux de consommation unitaire, une hausse de 1 \$ du prix d'un litre d'essence (qui passe de 1 à 2 \$ le litre dans nos simulations) correspond, en matière d'effet incitatif pour le consommateur, à une hausse de 60 cents par litre. Relativement au scénario précédent, cela représente donc une baisse du prix des carburants, laquelle induit une légère hausse des taux d'utilisation de l'automobile. Ces derniers demeurent toutefois inférieurs à ceux du scénario de référence.

- Toutes ces hypothèses sont maintenues dans le cinquième scénario, à l'exception de la surtaxe sur l'immatriculation des véhicules qui est remplacée par une hausse de la taxe sur les carburants de 10 cents le litre, jumelée à la mise en place d'un système de péage urbain (équivalent à 0,05 \$ par kilomètre parcouru en pointe). Les scénarios 4 et 5 impliquent donc l'équivalent d'une hausse du prix de l'essence de 60 cents le litre. On y



suppose une amélioration identique de l'offre de transports collectifs, laquelle est financée, dans le premier cas, par une hausse des frais fixes (immatriculation) et dans le second, par une hausse des frais variables (péages et taxe sur l'essence).

Pour une amélioration identique de l'offre de transports collectifs, on remarque que le fait de financer celle-ci par l'imposition de hausses de frais associés à l'utilisation des véhicules plutôt qu'à leur possession induit des impacts importants. Ainsi, le taux d'utilisation des transports collectifs augmente de 29,7 à 33,2 %, tandis que la proportion de conducteurs d'automobiles diminue, passant de 56,2 à 51,4 % (donc une baisse relative de près de 10 %). Ces gains sont obtenus strictement en changeant le mode de financement. On constate toutefois peu de changements sur le plan des incidences socioéconomiques, sauf une légère hausse du bien-être des populations aisées, lesquelles accordent une valeur plus grande au temps épargné grâce à une baisse accrue des niveaux de congestion.

- Dans le sixième scénario, nous ajoutons la mise en place du *parking cash out* (PCO) à grande échelle. La moitié des employés doivent défrayer 10 \$ par jour pour leur stationnement. Tous les revenus sont entièrement redistribués à l'ensemble des employés, indépendamment du mode de transport choisi.

L'élimination des subventions associées aux stationnements offerts gratuitement par les employeurs induit une baisse significative de l'usage de l'automobile, des niveaux de congestion ainsi que des émissions de GES. Une hausse importante des vitesses de déplacement est aussi constatée. La mesure induit une baisse significative des coûts, laquelle touche la classe moyenne, mais profite davantage aux citoyens moins aisés.

- Finalement, dans le septième et dernier scénario, nous ajoutons comme ultime mesure la mutation des frais d'assurances et d'immatriculation en frais reliés directement au kilométrage parcouru (donc des frais fixes convertis en frais variables).

Les effets s'avèrent identiques à ceux du PCO : baisse de l'utilisation de l'auto et hausse de celle des transports collectifs, tout en favorisant la redistribution sociale. Si l'ampleur des impacts de cette mesure semble inférieure relativement à ceux du PCO, cela



s'explique par le fait que l'ampleur des frais d'assurances et d'immatriculation susceptibles d'être transférés demeure limitée.

L'ajout des deux dernières mesures permet non seulement d'obtenir des réductions accrues de la consommation de pétrole, mais aussi de contribuer à réduire les coûts de transport. Le bien-être est augmenté, particulièrement pour les citoyens moins favorisés. Le tableau suivant (5.2) présente les hypothèses utilisées pour les simulations ainsi que les principaux résultats.

Tableau 5.2

Hypothèses et résultats, modélisations pour la région de Montréal

Scénarios	1	2	3	4	5	6	7
Hypothèses	Baisse prix du pétrole et dégra- dation des services de TC	Hausse prix du pétrole et dégradation des services de TC	Hausse prix du pétrole et amélio- ration des services de TC	Améliora- tion de l'efficacité énergétique des véhicules	Taxe sur l'essence et péage remplacent immatricu- lation	Ajout d'un Parking cash out (PCO)	Transfert des frais fixes en frais variables
↑ temps attente TC de 20% et ↑ tarifs de 30%; ↓ vitesse bus de 20%	O	O	N	N	N	N	N
↓ prix essence de 30%	O	N	N	N	N	N	N
↓ temps attente TC de 30%; ↑ vitesse bus de 30%	N	N	N	O	O	O	O
↓ temps attente TC de 20%; ↑ vitesse bus de 20%	N	N	O	N	N	N	N
↑ prix du pétrole de 1\$/litre	N	O	O	O	O	O	O
↑ efficacité énergé- tique autos 20%	N	N	N	O	O	O	O
↑ frais d'immatricu- lation de 250\$	N	N	O	O	N	N	N
Péage 5\$/jr pour la moitié des travailleurs	N	N	N	N	O	O	O
↑ Taxe sur l'essence de 0,10\$/litre	N	N	N	N	O	O	O
Parking cash out	N	N	N	N	N	O	O
Transfert des frais fixes en variables	N	N	N	N	N	N	O
Δ Nb voitures	9,9%	-6,5%	-15,7%	-11,9%	-19,3%	-45,1%	-50,7%
Δ Achalandage transports collectifs	-31,6%	-11,0%	33,8%	30,1%	45,4%	100,4%	112,8%
Δ Modes actifs et passagers	6,8%	49,4%	16,9%	5,2%	14,6%	43,5%	48,7%
Δ Congestion (1 bus = 4 autos)	8,4%	-6,7%	-13,9%	-10,3%	-17,0%	-39,8%	-44,7%
Δ Émissions GES (autos + bus)	13,4%	-9,9%	-18,9%	-30,3%	-36,4%	-53,6%	-56,8%

Rappelons finalement que notre modèle simule les conditions pour la région métropolitaine de Montréal, laquelle compte la moitié de la population québécoise. Pour en étendre les résultats à l'ensemble du Québec, cela suppose l'adoption de mesures similaires dans les autres agglomérations ainsi qu'une forte volonté de contenir l'étalement urbain et de favoriser les aménagements de type TOD (CMM, 2011). Cela confirme également l'importance d'améliorer l'efficacité énergétique des véhicules. Nous discutons maintenant de l'enjeu du financement des transports collectifs.

#### **5.3.4 Combinaisons de mesures et financement des transports collectifs**

Tout apport financier contribuant à accroître l'offre de transports collectifs permettrait effectivement d'induire une hausse du nombre d'usagers. Par contre, si un incitatif économique contribue par lui-même à favoriser le transfert modal, il s'ensuivrait une augmentation additionnelle du nombre d'usagers, pour une hausse de services équivalente. Un nombre accru d'usagers signifie également - *ceteris paribus* – une hausse de l'autofinancement, pour un service équivalent. Cela permettrait d'accroître la contribution des usagers, tout en réduisant la croissance des tarifs. Kenworthy (2011) démontre d'ailleurs que les villes qui favorisent le rail plutôt que les autobus comme moyen de transport public voient celui-ci s'autofinancer davantage à partir des contributions des usagers.

Finalement, si les niveaux de consommation de carburants diminuaient sans que leurs taux de taxation soient accrus, cela réduirait les recettes fiscales perçues. Nous abordons cet enjeu dans la prochaine section.

#### **5.3.5 Impacts socioéconomiques : simulations à l'échelle québécoise**

À partir des données sur la consommation et la taxation de produits pétroliers pour le Québec, nous avons estimé les impacts économiques appréhendés relativement aux trois scénarios suivants : a) un maintien, à l'horizon 2020, des niveaux de consommation d'essence relativement aux niveaux de 2009; b) une baisse de 25 %; c) une diminution de 50 % de ceux-ci. Nous avons estimé les incidences de chacun de ces trois scénarios avec les deux hypothèses suivantes : i) en supposant une hausse du prix du pétrole brut équivalente à

environ 0,60 \$ le litre d'essence (en dollars constants de 2010); ii) avec l'hypothèse que celle-ci induise une hausse de 1 \$ le litre d'essence.<sup>83</sup> Les résultats sont décrits au tableau 5.3.

**Tableau 5.3**

Impacts de divers scénarios de consommation d'essence au Québec

Variations de la consommation d'essence	Coûts du pétrole	Coûts de l'essence	Recettes fiscales provinciales perçues sur l'essence au Québec		Recettes fiscales fédérales sur l'essence au Québec	Hausse des coûts d'essence pour les consommateurs	Hausse des coûts pour l'ensemble des produits pétroliers
Scénarios	\$2010 par baril	\$/100 litres (sans et avec surtaxe 10 ¢/l)	Sans variation de taxe (M\$ et variations en %)	Hausse de 10 ¢/litre (M\$ et variations en %)	(M\$ de 2010 et variations en %)	Coûts totaux en M\$ de 2010 et hausse de coûts par pers. active	Coûts totaux en M\$ de 2010 et hausse de coûts par pers. active
2009 (référence)	66,2 \$	98,4 \$	2 101 M\$	S.O.	1 280 M\$	5 447 M\$	10 330 M\$
a) Consommation reste inchangée	168 \$	156,6 \$	2 444 M\$	3 168 M\$	1 266 M\$	13 908 M\$	26 248 M\$
		164,7 \$	16 %	51 %	-1 %	1 981 \$	3 726 \$
	232 \$	201,1 \$	2 787 M\$	3 511 M\$	1 438 M\$	17 861 M\$	36 199 M\$
		209,2 \$	33 %	67 %	12 %	2 906 \$	6 056 \$
b) Baisse de 25 %	168 \$	156,6 \$	1 833 M\$	2 376 M\$	950 M\$	10 431 M\$	19 686 M\$
		164,7 \$	-13 %	13 %	-26 %	1 167 \$	2 190 \$
	232 \$	201,1 \$	2 090 M\$	2 634 M\$	1 079 M\$	13 939 M\$	27 149 M\$
		280,9 \$	-1 %	25 %	-16 %	1 988 \$	3 937 \$
c) Baisse de 50 %	168 \$	156,6 \$	1 222 M\$	1 584 M\$	633 M\$	6 954 M\$	13 124 M\$
		164,7 \$	-42 %	-25 %	-51 %	353 \$	654 \$
	232 \$	201,1 \$	1 393 M\$	1 756 M\$	719 M\$	8 931 M\$	18 100 M\$
		269,9 \$	-34 %	-16 %	-44 %	816 \$	1 819 \$

Les coûts payés par les consommateurs, par litre d'essence, sont présentés pour chaque scénario, avec et sans l'ajout d'une surtaxe provinciale de 10 ¢/litre. Les recettes fiscales

<sup>83</sup> Avec respectivement 168 \$ et 232 \$ le baril dans nos simulations, à l'horizon 2020, en supposant un taux d'inflation annuel de 3 %. Nos calculs tiennent compte des variations des revenus fiscaux, dues à la TVQ.



provinciales et fédérales sont aussi indiquées, ainsi que les coûts pour les consommateurs (pour l'essence seulement). Puis nous effectuons une extrapolation de ces tendances à l'ensemble des coûts d'importation de produits pétroliers.

Il ressort de cet exercice que les hausses des cours du pétrole devraient induire des coûts très élevés, tant pour les consommateurs que pour l'économie en général. Ainsi, le maintien des niveaux de consommation d'essence de 2009, jumelé avec une hausse du prix du brut à 232 \$ le baril (en dollars constants de 2010), ferait passer les coûts annuels totaux d'achat d'essence pour les consommateurs québécois de 5,4 à 17,9 milliards annuellement. Cela représenterait une hausse de 2 906 \$ par personne active (en dollars constants de 2010).

Des bénéfices économiques substantiels découleront de l'adoption de mesures susceptibles d'entraîner des baisses importantes de la consommation de produits pétroliers. À 168 \$ le baril, une baisse de 25 % des niveaux de consommation réduirait les coûts d'achat d'essence de 814 \$ par personne, tandis qu'une baisse de 50 % les réduirait de 1 628 \$. Les recettes fiscales vont toutefois tendre à diminuer avec la baisse des niveaux de consommation. Des hausses de taxes pourraient ainsi s'avérer nécessaires pour maintenir les revenus fiscaux.

Finalement, on peut supposer qu'une baisse significative des niveaux de consommation dans plusieurs pays industrialisés devrait réduire la pression croissante sur les cours du pétrole. Nous faisons ici l'hypothèse – fort optimiste – d'une baisse de 50 % des niveaux de consommation qui permettrait de limiter la hausse des cours du pétrole à 168 \$ le baril. Même avec ces substantielles réductions dans la demande, l'impact des hausses des cours du pétrole est atténué, mais demeure significatif. Dans tous les cas, les résidents des banlieues et des régions rurales, moins desservies en transports collectifs et plus dépendants envers leurs automobiles vont être particulièrement touchés par toute hausse des prix du pétrole, une tendance déjà observée aux États-Unis en 2008 (Karlenzig, 2010). De plus, comme démontré par McGibany (2004) tout comme par Tanguay et Gingras (2012) une hausse du prix de l'essence tendrait à réduire l'étalement urbain.

Nous venons de considérer plusieurs impacts socioéconomiques qui découleraient de diverses politiques faisant appel à l'écofiscalité. Dans la prochaine section, nous situons les écotaxes dans la problématique de leur acceptabilité sociale.



## 5.4 Enjeu de l'acceptabilité sociale

Nous présentons d'abord quelques remarques issues de groupes de discussion (5.4.1). Puis nous poursuivons avec la comparaison de l'acceptabilité de différents types de mesures (5.4.2). Nous terminons par quelques recommandations au niveau des stratégies de mise en oeuvre des mesures (5.4.3).

### 5.4.1 Apport des groupes de discussion

Nous avons pu profiter des apports issus de deux groupes de discussion tenus respectivement les 22 et 27 avril 2010 à Montréal<sup>84</sup>. Nous nous limitons ici à souligner, parmi les tendances qui se sont démarquées, celles qui s'avèrent particulièrement susceptibles de pouvoir contribuer à la présente réflexion.

Un premier volet portait sur les attentes exprimées en matière de transport. Il y a un consensus sur l'importance d'accroître les investissements dans l'offre de transports collectifs. Les préoccupations suivantes sont également ressorties : tenir compte des ménages moins favorisés (équité verticale), favoriser l'équité régionale, diminuer l'utilisation de l'automobile, favoriser les transports actifs et réduire la congestion ainsi que la pollution. Pour ce dernier point, si l'offre des transports collectifs n'est pas suffisante, la congestion a des impacts sur la compétitivité des entreprises. La congestion induit des coûts importants en perte de temps, tant pour les usagers que pour l'ensemble de l'économie.

Par contre, certains craignaient un éventuel effet pervers susceptible d'être associé à des mesures qui toucheraient particulièrement les automobilistes se rendant au centre-ville, tout en visant à restreindre la congestion. Celles-ci pourraient éventuellement induire un déplacement des pôles d'emplois vers la périphérie, ce qui accroîtrait alors la dépendance

---

<sup>84</sup> Ces groupes ont été tenus à l'instigation du Groupe de recherche appliquée en macroécologie (GRAME). Les 16 participants étaient représentatifs d'une grande diversité d'organisations issues de la région métropolitaine de Montréal (le nombre de participants de chacun des secteurs est indiqué entre parenthèses) : organismes de transport (3), municipalités (3), groupes environnementalistes (3), organismes de développement économique et chambre de commerce (3), organisme de protection des consommateurs (1), entreprise publique (1), autres groupes communautaires (2).

envers l'automobile. Les participants ont d'ailleurs fortement insisté sur l'importance de l'aménagement du territoire<sup>85</sup>.

Ensuite, les participants devaient s'exprimer, d'abord par écrit, puis en groupe, sur divers incitatifs économiques dont plusieurs contribueraient à financer le développement des transports collectifs : allocation aux employés et frais de stationnement payant (*PCO*), transfert des frais d'immatriculation et d'assurances en frais kilométriques, bonus malus, taxe sur l'essence, péages urbains, taxe sur les espaces de stationnement, taxe sur la masse salariale.

Lorsqu'a été présentée aux participants une liste de mesures, avec une description très sommaire de chacune, trois phénomènes sont intervenus. D'abord, l'appui de plusieurs participants à certaines mesures est conditionnel (*si et seulement si*). Ensuite, le rejet de certaines mesures par d'autres participants correspond à une interprétation ou à une variante supposée de la mesure. Enfin, indépendamment de l'impact de la mesure sur les objectifs des participants, on constate un rejet sur le plan individuel des mesures moins connues au préalable. Cependant, l'appui augmente sensiblement dès qu'il y a interaction avec d'autres acteurs (et réponses aux questions et préoccupations). Leurs rétroactions contribueraient vraisemblablement à combler des lacunes dans leurs connaissances ou à les rassurer relativement à certaines appréhensions. Il semble manifestement plus facile d'arriver à des consensus avec une dynamique d'échange en groupe, consensus susceptibles d'inclure des mesures que les individus avaient rejetés *a priori*, faute d'information suffisante.

La grande majorité des participants n'a fait spontanément référence ni aux hausses anticipées des prix de carburant, ni à la problématique du pic pétrolier. Ainsi, le scénario de référence utilisé *de facto* semble consister à comparer la situation vécue antérieurement avec les impacts anticipés de certaines mesures sur celle-ci. L'incertitude entourant l'avenir - du moins, telle que perçu - pourrait expliquer - du moins en grande partie - ce constat. Lorsque

---

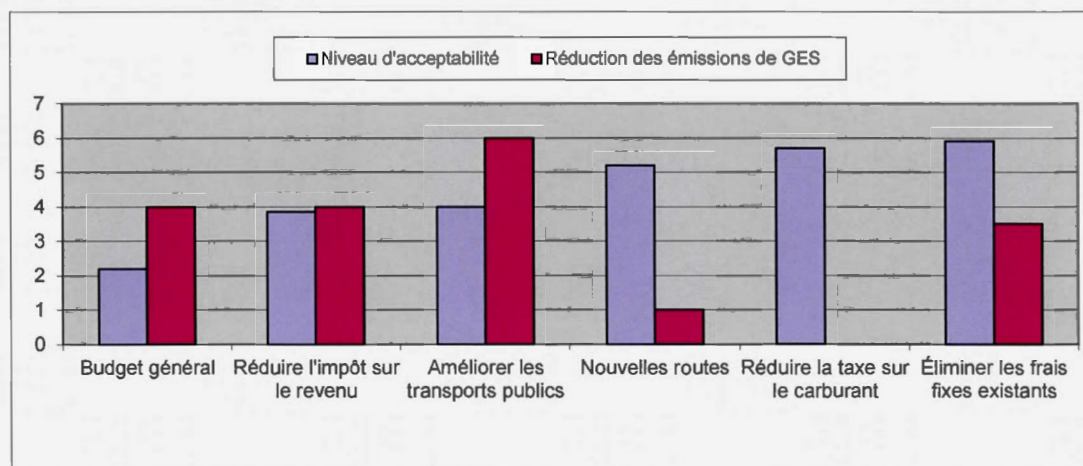
<sup>85</sup> Parmi les enjeux soulignés, notons que plus les lieux d'origines et de destinations sont dispersés, plus il est difficile de les relier par des services de transport collectif efficace et plus la dépendance relativement à l'usage de l'automobile s'accroît. Les participants considéraient comme illusoire de penser pouvoir rapatrier toutes les nouvelles croissances démographiques dans la ville centre. L'objectif de densifier les banlieues principalement autour des infrastructures de transport en commun existantes ou à implanter semblait faire consensus.

la problématique du pic pétrolier et des hausses anticipées des prix des carburants est amenée, on constate un raffermissement des positions à la fois en ce qui concerne la nécessité d'offrir une solution viable en matière de transports collectifs et l'importance de limiter l'étalement urbain.

Nous avons fait plusieurs constats dans les sections précédentes concernant les outils offerts par l'écofiscalité ainsi que certaines perceptions du public relativement à leurs usages. La prochaine section complète l'analyse concernant leur acceptabilité sociale.

#### 5.4.2 Acceptabilité de la tarification en fonction de l'utilisation des revenus

Ubbels et Verhoef (2006) présentent les résultats d'un questionnaire réalisé aux Pays-Bas sur l'acceptabilité de la tarification routière. Dans un des volets, les sondés donnent leur niveau d'appui pour un péage routier en fonction de l'allocation qui découlerait des revenus générés par celui-ci. Nous avons repris le niveau d'acceptation obtenu dans leur étude, puis nous avons présenté, sur une échelle comparable (0 à 7), une approximation de l'ampleur des réductions d'émissions de GES susceptibles d'être obtenues pour chacune de ces options (figure 5.6).



**Figure 5.6** Niveau d'acceptabilité et réduction des émissions de GES d'un système de tarification routière selon six variantes d'allocation des revenus

Il ressort ainsi de cela que deux mesures offrent le meilleur ratio au niveau du coût en matière de popularité relativement à la quantité de GES réduite : l'élimination des frais fixes existants et l'amélioration des transports publics. Les deux autres mesures les plus populaires (réduire la taxe sur le carburant et financer la construction de nouvelles routes) s'avèrent complètement contre-productives.

#### 5.4.3. Quelques considérations stratégiques sur l'acceptabilité sociale

En nous inspirant de la définition de l'acceptabilité sociale que Brunson (1996 et 1993) applique à la gestion des écosystèmes forestiers, nous proposons la définition suivante : l'acceptabilité sociale **en gestion des transports** résulte d'un processus par lequel les individus (1) comparent la réalité telle qu'ils la perçoivent avec les alternatives connues, et (2) évaluent si cette « réalité » offre des conditions supérieures, ou suffisamment similaires, à celles de l'alternative la plus favorable parmi celles qui sont proposées.<sup>86</sup>

Ainsi, dans les groupes de discussion auxquels nous avons assisté, les mesures *a priori* moins connues et les combinaisons de mesures plus complexes ont reçu un appui plus mitigé, généralement faute de temps, malgré des participants déjà issus de groupes d'intérêts représentatifs, dont plusieurs étaient bien au fait des problématiques liées aux transports. Toutefois, une courte allusion à la problématique du pic pétrolier de la part de l'animateur contribuait à recentrer le débat et tendait à encourager la recherche de consensus à l'égard des mesures considérées plus « fortes ».

Pour Jaensirisak et coll. (2003, 2005), la tarification routière ne sera acceptable que si les citoyens sont convaincus que celle-ci leur apportera des bénéfices, tant pour eux-mêmes que pour l'ensemble de la société. En fait, il est même considéré que l'appui du public ne peut être obtenu seulement par une argumentation rationnelle. Un processus décisionnel doit permettre de construire cette acceptabilité en organisant des interactions entre les décideurs et les parties prenantes, de sorte que chacun puisse apprendre de l'autre, tout en construisant progressivement un projet acceptable (CERTU, 2001). En s'appuyant sur la théorie des jeux, Levinson (2005) considère la tarification liée à la congestion comme un mécanisme

---

<sup>86</sup> Notre expérience avec les groupes de discussion tend d'ailleurs à appuyer cette définition.



coopératif visant à minimiser les coûts totaux. À cet égard, l'intégration des groupes d'intérêts (les parties prenantes), le plus tôt possible dès la conception des projets, peut permettre de prévenir les conflits, tout en attirant leur approbation à la démarche proposée (Auvine et coll., 2002; Oberholzer-Gee et Weck-Hannemann, 2002 ; Büchel et Moss, 2007; Ross, 2010).

## 5.5 Conclusion

La nécessité d'adopter des incitatifs économiques dans le cadre des politiques visant à réduire les externalités associées aux transports est maintenant fortement appuyée sur le plan académique. La mise en œuvre de telles politiques se bute toutefois à nombre d'obstacles, dont celui de leur faible acceptabilité sociale. La présente analyse démontre que des stratégies intégrées comptant plusieurs mesures complémentaires pourraient s'avérer non seulement plus efficaces pour l'atteinte des objectifs environnementaux, mais également plus équitables, ce qui devrait contribuer à en accroître l'acceptabilité sociale.

Nous avons appliqué à la région métropolitaine de Montréal un modèle de simulation adapté des travaux d'Anas et Timilsina (2009) et présenté au chapitre IV. Celui-ci nous a permis d'évaluer les incidences environnementales et socioéconomiques d'une série incrémentale de combinaisons de mesures intégrant l'utilisation de plusieurs écotaxes. Nous nous sommes également référés à la littérature existante ainsi qu'à quelques résultats, issus des études économétriques, présentés dans les chapitre II et III. Nous avons discuté des enjeux d'acceptabilité sociale, notamment en résumant les points marquants issus de deux groupes de discussion. Nous pouvons présenter nos résultats en fonction de leur apport afin de répondre d'abord à la question suivante :

- Quelle est l'efficacité véritable des différents incitatifs afin de réduire les émissions de GES et la congestion routière?

Trois principaux résultats apportent une réponse à cette question. Primo, il ressort que seules les hausses d'incitatifs économiques qui imposent un coût à l'usage des véhicules (donc qui touchent les coûts variables) contribuent véritablement à réduire les émissions de GES tout en favorisant l'utilisation des transports collectifs. La hausse des taxes sur l'essence, la mise en



place de péages urbains ou la tarification des espaces de stationnement s'avèrent ainsi préférables aux hausses des frais d'immatriculation ou à des taxes sur la masse salariale.

Secundo, les États qui imposent des taxes moins élevées aux petits véhicules tendent effectivement à avoir des parcs plus écoénergétiques. Par contre, ceux-ci comptent également un plus grand nombre de véhicules. Au total, ce dernier effet semble dominer relativement aux niveaux d'émissions de GES. Un bonus malus, quoique nécessaire pour améliorer l'efficacité énergétique des parcs de véhicules, doit forcément être combiné à des mesures favorisant une baisse des taux de possession de véhicules et du kilométrage parcouru.

Tertio, l'enjeu de l'offre et de la tarification des espaces de stationnement, particulièrement ceux fournis en grande majorité gratuitement aux travailleurs, pourrait bien constituer un des facteurs les plus importants et les plus négligés dans les politiques visant la gestion de la demande de transport.

Nous pouvons ajouter qu'un péage appliqué aux ponts donnant accès à l'île de Montréal devrait normalement conduire à des réductions substantielles des niveaux de congestion. Par contre, l'accroissement de la fluidité du trafic pourrait inciter les résidents des banlieues situées sur l'île de Montréal à opter pour l'automobile afin de se rendre au centre-ville. Deux solutions pourraient permettre de limiter cet effet pervers :

- i. Profiter de la baisse des niveaux de congestion pour changer l'usage de certains espaces libérés vers des usages exclusifs pour les transports collectifs et actifs, à l'instar de la ville de Londres (Transport for London, 2007).
- ii. Envisager, dans un deuxième temps, l'ajout d'un deuxième cordon tarifé autour du centre-ville.

L'ensemble de ces éléments touche l'aspect de l'efficacité des mesures. Nous pouvons ensuite répondre à une deuxième question :

□ Quelles sont les incidences de différents scénarios en matière de bien-être et d'équité?

Premièrement, les hausses des prix du pétrole tendent à appauvrir l'ensemble de la société en touchant fortement la classe moyenne, mais encore plus les moins nantis. Ce constat est lourd de conséquences, considérant que certaines mesures pourraient être rejetées par des citoyens

qui auraient opté préférablement pour un scénario fondé sur le désir de revenir à une situation passée (avec l'essence en vente à bon marché). Par contre, le choix réel portera vraisemblablement sur différentes mesures, dans un contexte où les hausses des prix des carburants risquent de s'avérer inéluctables. De fait, le pire scénario (en ce qui concerne le bien-être) est celui où l'État réduirait les subventions dans les transports collectifs à la suite d'une hausse du prix du pétrole qui aurait miné l'économie et ses entrées fiscales. Ce scénario, nullement hypothétique, correspond à la situation vécue récemment chez nos voisins américains (APTA, 2010).<sup>87</sup> Dans ce scénario, les automobilistes subissent la hausse des prix du carburant, tandis que toute la société s'appauvrit.

Deuxièmement, des écotaxes telles que les taxes sur l'essence s'avèrent globalement progressives, dans la mesure où les citoyens à plus faibles revenus ont des taux de motorisation particulièrement faibles. Elles peuvent être néanmoins régressives si l'on ne considère que les impacts entre automobilistes. En contribuant à l'amélioration des transports collectifs, les fonds collectés permettent toutefois d'accroître le bien-être collectif et profitent particulièrement aux moins nantis. Tertio, deux mesures se démarquent particulièrement par leur caractère progressif : l'imposition d'un *parking cash out* et la mutation des frais fixes d'immatriculation et d'assurances sous forme de frais variables en les associant au kilométrage parcouru.

En appliquant aux transports la définition de l'acceptabilité sociale de Brunson (1996), nous avons également fait ressortir que celle-ci dépend de la comparaison que des acteurs font entre divers scénarios qui leur sont présentés et leur scénario de référence. Il serait pertinent d'évaluer dans quelle mesure des divergences entre leurs scénarios de référence respectifs pourraient expliquer le clivage entre nombres d'universitaires et de politiciens qui font la promotion des écotaxes et une partie de la population qui y est rébarbative. Ainsi, l'intégration des enjeux touchant la déplétion des réserves pétrolières et son impact sur les prix futurs de la ressource pourraient jouer un rôle crucial, à l'avenir, dans l'acceptabilité

---

<sup>87</sup> L'*American Public Transportation Association* (APTA, 2010) a sondé 151 de ses transporteurs publics membres sur l'impact de la dernière récession : au total, près de 90 % des agences de transport font face à un gel ou à un déclin de leurs revenus issus de sources gouvernementales. Près de 74 % ont déjà coupé dans leurs services ou envisagent de le faire. Une proportion similaire (73 %) a augmenté ses tarifs ou prévoit le faire.

sociale des mesures de tarification des transports, en appui à la question des changements climatiques.

Advenant que la société décide que de nouvelles sources de financement s'avèrent nécessaires pour développer les transports collectifs, l'ensemble de nos résultats tend à appuyer l'imposition d'écotaxes touchant l'usage des véhicules (taxes sur l'essence, péages, tarification des espaces de stationnement) plutôt que toute autre forme de taxation (incluant même les hausses des frais d'immatriculation), à cause de l'effet incitatif susceptible d'être obtenu jumelé à la contribution à l'internalisation de coûts externes. Nous recommandons toutefois de combiner ces écotaxes à la mise en place du paiement compensatoire pour la non-utilisation des places de stationnement (*parking cash out*) ainsi qu'à la mutation des frais fixes d'immatriculation et d'assurances sous forme de frais selon le kilométrage parcouru. Ces politiques devraient contribuer significativement à orienter le développement urbain et les transports sur la voie du développement durable (Vrain, 2003)<sup>88</sup>.

Finalement, nos réflexions nous amènent à envisager de nouvelles pistes de recherche. Ainsi, afin d'optimiser l'utilisation des infrastructures de transports collectifs, il pourrait s'avérer pertinent d'envisager offrir des réductions tarifaires pour les transports publics hors pointe. Il n'y a actuellement aucun incitatif financier à éviter la période de pointe; il n'y a que le désagrément dû à la perte de confort. Une baisse de tarifs en période hors pointe accroîtrait la mobilité, notamment de certaines personnes à faibles revenus, incluant des personnes âgées. Cela inciterait une partie de la clientèle à libérer des places en période de pointe, permettant d'ajouter, à la marge, des clients qui, autrement, opteraient pour l'auto, rebutés par exemple par un manque de confort dans les transports publics.

---

<sup>88</sup> Les auteurs remercient le FQRSC (bourse du ministère des Transports) et Transports Canada (programme *Sur la route du transport durable*) pour leurs contributions financières, ainsi que le GRAME, la *Société de transport de Montréal* (STM) et *Transport 2000 Québec* pour leur collaboration à leur projet de recherche. Ils sont reconnaissants envers le GRAME pour avoir permis à M. Lefebvre d'assister à deux groupes de discussions tenus en avril 2010, et tout particulièrement envers MM. Nicholas Pinel et Juste Rajaonson qui ont contribué à leur organisation ainsi que M. Louis-Philippe Barbeau, qui en fut l'animateur.

## Bibliographie

- Agence du revenu du Canada (2011), *Guide de l'employeur, Avantages et allocations imposables 2011*, chapitre 3, 47 p. : <http://www.cra-arc.gc.ca/F/pub/tg/t4130/>
- American Public Transportation Association [APTA] (2010), *Impacts of the Recession on Public Transportation Agencies. Survey Result*, 8 p.
- Anas, A. and G. R. Timilsina (2009), *Impacts of Policy Instruments to Reduce Congestion and Emissions from Urban Transportation The Case of São Paulo, Brazil*, Policy Research Working Paper 5099, The World Bank, Development Research Group, Environment and Energy Team, September, WPS5099, 28 p.
- Auvine, B., B. Densmore, M. Extrom, S. Poole and M. Shanklin (2002), "What Do We Mean by Facilitation", *Group Facilitators*, n°4 (printemps), pp. 53-55.
- Banister, D. (2008), "The Sustainable Mobility Paradigm", *Transport Policy*, vol. 15, no. 2, pp. 73-80.
- Bardi, U. (2009), "Peak Oil: The Four Stages of a New Idea", *Energy*, n°34, pp. 323-326.
- Bazet-Simoni, C., T. Bréchet, P. Obsomer, F. Quadu et V. Rousseaux (2011), *Face à l'épuisement du pétrole, quel rôle pour l'aménagement du territoire en Wallonie ?*, Regards économiques, Une publication des économistes de l'UCL, Institut de Recherches Economiques et Sociales (IRES), no. 87, avril, 14 pp.
- Beuermann, C. and T. Santarius (2006), "Ecological Tax Reform in Germany: Handling Two Hot Potatoes at the Same Time", *Energy Policy*, 34, pp. 917-929.
- Bréchet T. et P. Van Brusselen (2007), « Le pic pétrolier : un regard d'économiste », *Reflets et perspectives de la vie économique*, n°4, Tome XLVI, pp. 63-81.
- Brunson, M. W. (1993), "Socially Acceptable" Forestry: What Does It Imply for Ecosystem Management?", *Western Journal of Applied Forestry*. Vol. 8, no. 4, pp.: 116-119.
- Brunson, M. W. (1996), "A Definition of "Social Acceptability" in Ecosystem Management", In M.W., Brunson, L.E., Kruger, C.B., Tyler and S. A., Schroeder. eds. *Defining social acceptability in ecosystem management: a workshop proceedings*; Kelso, WA; 1992 June 23-25; Portland, OR: Pacific Northwest Research Station, pp. 7-16.
- Buehler, R., J. Pucher and U. Kunert. (2009), *Making Transportation Sustainable: Insights from Germany*, Prepared for the Brookings Institution Metropolitan Policy Program, 38 p.
- Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques [CERTU]. (2001), *Tarification des déplacements automobiles urbains*, ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, France, 180 p.
- Communauté métropolitaine de Montréal [CMM] (2011) *Plan métropolitain d'aménagement et de développement*, 194 p.
- Commissariat général au développement durable [CGDD] (2010), *Une évaluation du bonus malus automobile écologique*, Le point sur, no 53, mai, 4 p.



- De Almeida, P. and D. Silva (2009), "The Peak of Oil Production: Timings and Market Recognition", *Energy Policy*, 37, pp. 1267–1276.
- Friedrichs, J. (2012), "Peak Oil Futures: Same Crisis, Different Responses", book chapter in Inderwildi, O. and Sir D. King Eds, *Energy, Transport & the Environment*, London: Springer, pp. 55-75.
- Gagnon, L. and P.-O. Pineau, (2012) *Le financement du transport public, dans un contexte de concurrence déloyale*, Mémoire du Groupe de recherche interdisciplinaire en développement durable de HEC Montréal, 7 p.
- Gagnon, L. and P.-O. Pineau, (2013) *Les coûts réels de l'automobile, un enjeu mal perçu par les consommateurs et les institutions*, Cahier de recherche, Groupe de recherche interdisciplinaire en développement durable de HEC Montréal, 29 p.
- Gärling T., D. Eeka, P. Loukopoulos, S. Fujiic, O. Johansson-Stenmand, R. Kitamura, R. Pendyalae and B. Vilhelmsonf (2002), "A Conceptual Analysis of the Impact of Travel Demand Management on Private Car use", *Transport Policy*, 9, pp. 59-70.
- Himanen, V., M. Lee-Gosselin and A., Perrels (2004), "Impacts of Transport on Sustainability: Towards an Integrated Transatlantic Evidence Base", *Transport Reviews*, vol. 24, no. 6, pp. 691-705.
- Hultkrantz, L. and X. Liu (2009), *Green Cars Sterilize Congestion Charges: A Model Analysis of the Reduction of the Reduced Impact of Stockholm Road Tolls*, Working Paper 16, ISSN 1403-0586, 39 p.
- Impact Recherche (2002), *Sondage sur les perceptions et solutions relatives à la mobilité entre Montréal et la Rive-Sud : Résultats*, Réalisé pour : La Commission de consultation sur l'amélioration de la mobilité entre Montréal et la Rive-Sud, 35 p.
- Jaensirisak S., A. D. May and M. Wardman (2003), "Acceptability of Road User Charging: The Influence of Selfish and Social Perspectives", in Schade, J. and B. Schlag Editors (2003), *Acceptability of Transport Pricing Strategies*, Elsevier, pp. 203-218.
- Jaensirisak S., M. Wardman, and A. D. May (2005), "Explaining Variations in Public Acceptability of Road Pricing Schemes", *Journal of Transport Economics and Policy*, Volume 39, Part 2, May, pp. 127–153.
- Johnston, R. A. (2006), *Review of U.S. and European Regional Modeling Studies of Policies Intended to Reduce Motorized Travel, Fuel Use, and Emissions*, Victoria Transport Policy Institute, BC, Canada, 9 p.
- Karlzenig, W. (2010), *The Death of Sprawl*, The Post Carbon Reader Series: Cities, Towns, and Suburbs, Post Carbon Institute, Santa Rosa, California 95404 USA, 19 p.
- Kenworthy, J. (2011) *Why Rail Systems Are Essential in Creating Eco-Cities*, Keynote Address Presented to ECOCITY International Conference 2011, Montreal, August 26<sup>th</sup>.
- Knight, F. H. (1924), "Some Fallacies in the Interpretation of Social Cost", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 38, no. 4 (Aug.), pp. 582-606.



- Kodransky, M. and G. Hermann (2011), *Europe's Parking U-turn: From Accomodation to Regulation*. Institute for Transportation & Development Policy ([www.itdp.org](http://www.itdp.org)), New York, 83 p.
- Koh, W. T. H. (2004), "Congestion Control and Vehicle Ownership Restriction", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 38, Part 3 (Sep.), pp.321-402.
- Kunert, U. and H. Kuhfeld (2006), *The Diverse Structures of Passenger Car Taxation in Europe and the EU Commissions Proposal for Reform*. DIW Berlin, German Institute for Economic Research, Discussion papers 589, 22 p.
- Lefebvre, J.-F., G. A. Tanguay and F. Junca-Adenot (2009), "Rising to the Occasion: How Transportation Green Taxes Could Yield Double Dividends for Montreal and the Province of Quebec", In Lye Lin Heng (Ed.), *Critical Issues in Environmental Taxation*, Volume 7, Oxford University Press, chapter 9, pp. 147-166.
- Levinson, D. (2005), "Micro-Foundations of Congestion and Pricing: A Game Theory Perspective", *Transportation Research Part A*, vol. 39, pp. 691-704.
- Lindsey, R. (2006), "Do Economists Reach A Conclusion on Road Pricing? The Intellectual History of an Idea", *Econ. Journal Watch*, Vol. 3 (2), May, pp. 292-379.
- Litman, T. (1997b), "Distance-Based Vehicle Insurance as a TDM Strategy". *Transportation Quarterly*, vol. 51, no. 3, pp. 119-138.
- Litman, T. (2002), "Evaluating Transportation Equity", *World Transport Policy and Practice*, vol. 8, no. 2, pp. 50-65.
- Litman, T. (2006), "Transportation Market Distortions", *Berkeley Planning Journal*, Volume 19, pp. 19-36.
- Litman, T. (2008), *Pay-As-You-Drive Pricing In British Columbia*, Victoria Transport Policy Institute, 18 November, 10 p.
- Litman, T. (2010b), *Changing Vehicle Travel Price Sensitivities, The Rebounding Rebound Effect*, Victoria Transport Policy Institute, 10 September, 16 p.
- Litman, T. (2011a), *Smart Transportation Emission Reduction Strategies, Identifying Truly Optimal Ways To Conserve Energy And Reduce Emissions*, January, Victoria Transport Policy Institute, 21 p.
- Manville, M. and D. Shoup (2005), "Parking, People, and Cities", *Journal of Urban Planning and Development*, December, pp. 233-245.
- McGibany, J. M. (2004), "Gasoline Prices, State Gasoline Excise Taxes, And The Size Of Urban Areas", *Journal Of Applied Business Research*, Volume 20, Number 1, pp. 33-44.
- McPherson, G. R. and J. F. Weltzin (2008), "Implications of Peak Oil for Industrialized Societies", *Bulletin of Science Technology Society*, 28, pp. 187-191.
- Oberholzer-Geea, F. et H. Weck-Hannemann. (2002), "Pricing Road use: politico-economic and fairness considerations", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 7, no. 5 (September), pp. 357-371.

Organisation de coopération et de développement économiques [OCDE] (2006a), *L'économie politique des taxes liées à l'environnement*, Paris, 219 pages.

OCDE (2007), *Politiques de l'environnement : quelles combinaisons d'instruments?*, Éditions OCDE, Paris, 262 p.

Parry, I. W. H. (2005), *Is Pay-As-You-Drive Insurance a Better Way to Reduce Gasoline than Gasoline Taxes?*, Resources for the Future, DP 05-15, 21 p.

Pigou, A. (1920, 1950 pour la 4<sup>e</sup> édition), *The Economics of Welfare*, London, McMillan and Co., Ltd, 837 p., cité par Santos et Rojey (2004) et par Lindsey (2006).

Revenu Québec (2011), *Guide des avantages imposables 2011*, 52 p. (Section 8.25 Stationnement fourni ou remboursé par l'employeur : <http://www.revenuquebec.ca/fr/sepf/publications/in/in-253.aspx>)

Ross, D. (2010), « Le *partnering*, une méthode de prévention des conflits dans le cadre des projets urbains », *Urbanité*, hiver, pp. 32-33.

Rubin, J. (2009), *Why Your World is About to Get a Whole Lot Smaller*, Canada, Random House Canada, 286 p.

Schipper, L., C. Marie-Lilliu and R. Gorham (2000), *Flexing the Link between Transport and Greenhouse Gas Emissions, A path for the World Bank*, International Energy Agency, Paris, 54 p.

Shafiee, S. and E. Topal (2009), "When Will Fossil Fuel Reserves be Diminished?", *Energy Policy*, no. 37, pp. 181-189.

Shoup, D. (1997), "Evaluating the Effects of Employer-Paid Cashing Out Parking: Eight Case Studies", *Transport Policy*, vol. 4, no. 4, pp. 201-216.

Shoup, D. (2005), *The High Cost of Free Parking*. American Planning Association, Chicago, 733 p.

Small, K. A. and E. T. Verhoef (2007) *The Economics of Urban Transportation*, Routledge, 276 p.

Steg, L. (2003), "Factors Influencing the Acceptability and Effectiveness of Transport Pricing", In Schade, J. and B. Schlag (Éd.) (2003), *Acceptability of urban transport pricing strategies*. Elsevier, pp. 187-202.

Sterner, T. (2007), "Fuel Taxes: An Important Instrument for Climate Policy", *Energy Policy*, 35, pp. 3194-3202.

Talvitie, A. (2006), "Experiential Incrementalism: On the Theory and Technique to Implement Transport Plans and Policies". *Transportation*, vol. 33, pp.: 83-110.

Tanguay, G. A. and I. Gingras (2012), "Gas Price Variations and Urban Sprawl: An Empirical Analysis of the Twelve Largest Canadian Metropolitan Areas," *Environment and Planning A*, 44(7), pp. 1728 - 1743.

Transport for London (2007), *Central London Congestion Charging, Impacts Monitoring – Fifth Annual Report*, June, 121 p.

Ubbels, B. and E. Verhoef (2006), "Acceptability of Road Pricing and Revenue Use in the Netherlands", *European Transport \ Trasporti Europei*, no. 32, pp. 69-94.

Vickrey, W. (1968), "Automobile Accidents, Tort Law, Externalities and Insurance: An Economist's Critique". *Law and Contemporary Problems*, no. 33, pp. 464-470.

Viegas, J. M. et R. Macario. (2001), « Acceptabilité des prix dans les systèmes de transport ». *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, no. 40, pp. 9-26.

Vrain, X. (2003), « Ville durable et transports : automobile, environnement et comportements individuels ». *Innovations, Cahiers d'économie de l'innovation*, n°18, 2003-2, pp.91-112.

Weinberger, R., J. Kaehny and M. Rufo. (2010), *U.S. parking policies: An overview of management strategies*, Institute for Transportation and Development Policy, NY, 86 p.

Xiongqi, P., L. Zhao, F. Lianyong, M. Qingyang, T. Xu and J. Li. (2009), "The Evolution and Present Status of the Study on Peak Oil in China", *Pet. Sci.*, no. 6, pp. 217-224.

## CHAPITRE VI

### CONCLUSION ET PERSPECTIVES

#### 6.1 Problème spécifique de recherche et cadre d'analyse

Aller au travail à pied ou en vélo sans risquer de se faire écraser par un véhicule, marcher le long d'une rue bordée d'arbres et de façades attrayantes, s'arrêter sur une place publique pour lire et y croiser des amis par hasard, voilà à quoi pourrait ressembler une ville à échelle humaine.

Jan Gehl

*Every time I reduce the price of the car by one dollar I get one thousand new buyers.*

Henry Ford

La nécessité d'adopter des politiques publiques permettant de réduire les coûts externes associés aux transports est largement reconnue dans la littérature (Santos et coll., 2010a, b). La configuration d'incitatifs permettant d'atteindre de manière optimale cet objectif pose toutefois encore de nombreux défis pour la recherche (Himanen et coll., 2004). Relever ces défis a constitué le cœur de la problématique de notre recherche.

L'objectif fondamental de la thèse a donc consisté à développer une meilleure compréhension des incidences, tant en matière d'efficacité que d'équité, de diverses écotaxes appliquées aux transports routiers. L'efficacité est considérée comme la capacité à atteindre des objectifs ambitieux de réduction des émissions de GES ainsi que des niveaux de congestion. L'enjeu de l'équité tient compte des incidences socioéconomiques des mesures étudiées, particulièrement sur les citoyens moins favorisés.

Le présent chapitre sert de conclusion en synthétisant les principaux résultats, tant théoriques qu'empiriques, de notre recherche. Plusieurs des résultats qui y sont dévoilés représentent des contributions non négligeables à la compréhension de criants enjeux d'actualité. Le tout représente une analyse d'avant-garde et un apport certain sur le plan universitaire, lequel pourra — nous l'espérons — contribuer à une amélioration des politiques publiques en matière de transport urbain.

Dans les prochaines sections, nous montrons comment les différents volets de notre démarche se complètent afin de contribuer à fournir des éléments de réponse pertinents à nos questions de recherche. Celles-ci reposent sur les deux questions principales suivantes :

- ❑ Quelles sont les combinaisons de mesures utilisant l'écofiscalité qui sont susceptibles de maximiser la réduction des émissions de GES et des niveaux de congestion dans le secteur des transports routiers?
- ❑ Quelles combinaisons de mesures s'avèrent les plus équitables socialement, une condition *sine qua non* de leur acceptabilité sociale?

Outre la revue de littérature, notre recherche est présentée en quatre chapitres formant deux volets basés sur deux approches quantitatives différentes. Le premier volet est constitué de deux études économétriques visant à déterminer l'influence de certaines variables pertinentes à l'échelle internationale. Le deuxième volet repose principalement sur l'application, à la région montréalaise, d'un modèle permettant de simuler différentes politiques. Nous pouvons ainsi en mesurer les incidences, tant sur les émissions de GES que sur les niveaux de congestion. Le modèle permet également d'en estimer les impacts socioéconomiques. Une discussion sur l'enjeu de l'acceptabilité sociale des mesures étudiées vient clore ce dernier volet, avec notamment quelques constats issus de notre participation à deux groupes de discussion.

## 6.2 Premier volet : une perspective internationale

Une analyse multivariée a été réalisée pour chacune des deux études constituant le premier volet de notre recherche. Une banque de données a été créée pour 37 pays industrialisés pour la période de 1990 à 2009. Plusieurs variables sociodémographiques et économiques ainsi que des variables clés associées au domaine des transports ont été retenues aux fins d'analyse.

Dans la première série de régressions (présentée au chapitre 2), nous avons utilisé comme variables dépendantes le stock de véhicules par adulte (*SA*), le kilométrage parcouru par adulte (*KA*) et la consommation unitaire moyenne des véhicules (*CR*). Ce sont les trois mêmes variables dépendantes choisies par Barla et coll. (2009) dans leur étude comparative des provinces canadiennes.



Dans la deuxième série (faisant l'objet du chapitre 3), les analyses économétriques ont été effectuées avec trois nouvelles variables dépendantes : les émissions de GES par personne dans le secteur des transports routiers (*RGHGPC*), les taux d'utilisation des modes de transports collectifs et actifs (*TA*) et, finalement, l'équité sociale mesurée avec l'indice de *GINI*. Ces deux études se complètent, notamment parce que la deuxième série permet de déterminer l'effet dominant sur les émissions de GES quand une variable indépendante semble induire des effets opposés sur les variables dépendantes étudiées dans la première série. Elle permet également d'évaluer l'influence de plusieurs facteurs sur les taux d'utilisation des modes de transport autres que l'automobile, tout en donnant un éclairage nouveau sur les impacts de certains d'entre eux sur l'équité sociale.

Premièrement, il ressort que pour atteindre les objectifs environnementaux avec efficacité, l'accent doit être mis sur les écotaxes touchant les coûts variables plutôt que les frais fixes. Une hausse des coûts fixes d'immatriculation est ainsi associée à une augmentation des émissions de GES par habitant et à une réduction de l'utilisation des transports en commun.<sup>89</sup> En revanche, de nombreux facteurs tendent à diminuer les niveaux d'émissions tout en accroissant les taux d'utilisation des transports collectifs : la hausse du prix du pétrole tout comme le prix de vente final des carburants, l'augmentation des frais de stationnement et des autres coûts variables (qui incluent les taxes sur les carburants et la tarification routière pour les camions).

Deuxièmement, une diminution de la taxation des véhicules d'entrée de gamme améliore certes l'efficacité énergétique du parc de véhicules, mais ce gain semble être annulé par l'augmentation du nombre de véhicules qu'elle induit. Une solution pourrait être de consacrer une partie des recettes des écotaxes perçues sur les véhicules polluants (le malus) afin de

---

<sup>89</sup> Deux raisons pourraient expliquer cette relation contre-intuitive. Premièrement, certains États pourraient avoir choisis de faire reposer une plus grande part de leur taxation sur les frais fixes, ce qui aurait diminué proportionnellement les frais variables qu'ils imposeraient à leurs contribuables. Deuxièmement, en-deça d'un certain seuil où une hausse des frais fixes serait suffisante pour avoir une incidence sur l'achat de véhicules, celle-ci aurait l'effet pervers suivant : plusieurs citoyens considéreraient qu'ils ont payé suffisamment cher pour leur véhicule et qu'ils vont davantage le rentabiliser en l'utilisant plus souvent. J'ai personnellement rencontré plusieurs citoyens ayant exprimé ce désir.

subventionner l'acquisition des véhicules électriques ou de soutenir les transports en commun.

Troisièmement, une réduction de l'offre de stationnement ou une augmentation de son coût contribuent également à réduire les émissions de GES et à augmenter l'utilisation du transport public. Quatrièmement, les régressions effectuées en prenant l'indice de GINI comme variable dépendante révèlent que l'augmentation des diverses taxes environnementales serait associée à des sociétés plus équitables. Cela tend à invalider la crainte, mainte fois exprimée à l'encontre des écotaxes, que celles-ci puissent s'avérer socialement régressives. En revanche, les augmentations des prix du pétrole qui ne résultent pas de la fiscalité présentent une forte incidence régressive.

### **6.3 Deuxième volet : modèles de simulations appliqués à Montréal et enjeux d'acceptabilités sociale**

Nous avons ensuite réalisé deux autres études quantitatives principalement basées sur l'adaptation, à la région de Montréal, d'un modèle développé par Anas et Timilsina (2009) dans une étude de cas portant sur la ville de São Paulo. Le modèle utilisé vise à expliquer le choix modal parmi trois modes de transport, selon le revenu des citoyens (pour six classes de revenus), en fonction du coût marginal de chaque mode de transport et de la valeur des temps de déplacement. Nous avons toutefois ajouté ou modifié certaines équations à celui-ci, notamment afin de rendre possible l'évaluation de nouvelles mesures. Nos ajouts au modèle en ont également étendu la portée au niveau des coûts évalués, en incluant une approximation des frais fixes défrayés par les citoyens. De plus, nous avons élargi sensiblement le champ des mesures et des scénarios envisagés.

Dans une première démarche (l'étude présentée au chapitre 4), nous appliquons leur modèle en testant des hypothèses similaires aux leurs. Nous élargissons toutefois le champ d'analyse en évaluant de nouvelles mesures considérées séparément, dont la mutation des frais fixes d'immatriculation sous forme d'une taxe kilométrique et l'imposition de programmes d'indemnités de stationnement (*parking cash out*). Une première évaluation de l'incidence

d'une hausse du prix du pétrole est également intégrée aux hypothèses étudiées avec quelques combinaisons de mesures.

Dans une dernière démarche (faisant l'objet du chapitre 5), nous utilisons le même modèle afin de simuler une série de nouveaux scénarios constitués d'une succession incrémentale de mesures. Ces dernières ont été choisies afin de tendre vers ce qui nous semblait pouvoir constituer une combinaison optimale d'écotaxes appliquées aux transports. Nous complétons ce chapitre par une discussion sur l'acceptabilité sociale de l'écofiscalité appliquée aux transports. Cette discussion inclut également les points saillants issus de deux groupes de discussion tenus avec des représentants de parties prenantes de la région montréalaise.

Nos résultats confirment que les combinaisons de mesures traditionnellement envisagées jumelant simultanément l'extension du réseau routier, le financement des transports collectifs et l'amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules devraient s'avérer largement insuffisantes pour atteindre les objectifs. La hausse des cours du pétrole risque d'y concourir si elle est accompagnée d'une amélioration sensible de l'offre de transports collectifs. Sinon, non seulement son impact environnemental sera limité, mais elle induira une perte marquée du bien-être social de la population, particulièrement pour la classe moyenne et pour les plus défavorisés. La mutation des frais fixes en frais variables, tout comme la mise en œuvre du *parking cash out*, pourraient s'avérer des compléments optimaux à l'adoption d'écotaxes destinées à financer l'amélioration des transports collectifs.

#### **6.4 Complémentarité entre les résultats des deux approches utilisées**

Nous avons donc utilisé les deux approches suivantes (avec deux études distinctes pour chacune d'elles) : analyses économétriques avec données internationales et modélisations permettant de simuler les incidences de différentes mesures pour la région de Montréal. Plusieurs des résultats obtenus avec l'une et l'autre de ces méthodes quantitatives concordent. Nous le démontrons ici pour les cinq enjeux suivants :

- ❑ **Frais fixes vs frais variables** : Les résultats des études économétriques (chapitres 2 et 3) tendent à indiquer que les hausses de frais fixes (d'immatriculation) seraient corrélées à

une augmentation des émissions de GES du secteur des transports routiers. Au contraire, tout accroissement des divers frais variables tendrait à les réduire. Les résultats des modélisations pour la région de Montréal concordent. Pour un même niveau d'amélioration de l'offre de transports collectifs, leurs taux d'utilisation, tout comme les incidences en matière de baisses des émissions de GES et des niveaux de congestion, s'accroissent significativement si leur financement provient d'écotaxes liées à l'usage plutôt qu'à la possession des véhicules. Ce constat ressort particulièrement des résultats de la dernière étude (présentée dans le chapitre 5). Finalement, cette dernière appuie également la thèse de Litman (2002 et 2006), à l'effet qu'une mutation des frais fixes d'immatriculation en frais variables s'avérerait socialement progressive.

- **Tarification et gestion du nombre de stationnements :** Avec deux approches différentes, les résultats de nos études tendent à appuyer la thèse de Shoup (2005) qui considère que les espaces de stationnement sont trop nombreux et sous-tarifés. Apporter des correctifs à cette situation pourrait non seulement accroître l'efficacité des stratégies adoptées, mais également les rendre plus équitables. En effet, les résultats des simulations présentées au chapitre 5 associent l'implantation de programmes d'indemnités de stationnement (*parking cash out*) à des gains particulièrement marqués pour les travailleurs moins nantis, un résultat non mentionné dans les travaux de Shoup.
- **Bonus malus et autres incitatifs favorisant l'efficacité énergétique :** Une baisse des niveaux de taxation sur les véhicules écoénergétiques, qui sont souvent des automobiles d'entrée de gamme, favoriserait l'accroissement de leur vente. Il s'ensuivrait un gain indéniable en matière d'amélioration de l'efficacité énergétique du parc de véhicules. Une hausse des taux de possession et d'utilisation des véhicules est toutefois à craindre. La hausse des cours du pétrole impose un tel fardeau sur les consommateurs et l'économie (voir le chapitre 5), que des politiques publiques visant à améliorer l'efficacité énergétique des parcs de véhicules demeurent justifiées. Ces politiques seront toutefois d'autant plus bénéfiques que l'adoption d'écotaxes et d'autres mesures complémentaires tendrait à réduire les effets pervers anticipés.

- **Prix du pétrole vs écotaxes :** Les résultats de régressions présentés au chapitre 3 indiquent que les hausses des cours du pétrole seraient associées à une croissance des inégalités. Au contraire, l'augmentation des taux des différentes écotaxes serait corrélée à une diminution de celles-ci. Les modélisations, pour la région de Montréal (chapitres 4 et 5), confirment qu'une hausse des cours pétroliers s'avérerait socialement régressive, tandis que des améliorations de l'offre de transports collectifs financée par des écotaxes tendent à s'avérer progressives.
- **Rôle des transports collectifs :** Nos résultats confirment l'importance des transports collectifs et actifs en tant que facteurs contribuant à réduire les émissions de GES. Ils démontrent également que l'imposition de frais variables sur l'usage de l'automobile tend à en favoriser l'utilisation. De plus, autant les nations qui les encouragent tendent à être plus équitables (chapitre 3), autant les modélisations pour la région de Montréal aboutissent à des résultats similaires (chapitre 5).

À partir de ces résultats et des autres mentionnés précédemment, nous pouvons émettre plusieurs recommandations. Nous en présentons quelques-unes dans la prochaine section.

### **6.5 Implications en termes de politiques publiques**

Plusieurs analyses, parmi celles que nous avons effectuées précédemment, pourraient être susceptibles d'avoir des implications en matière de politiques publiques. C'est dans cette perspective que nous proposons les six recommandations suivantes :

#### **1. Il est justifié d'accroître le financement des transports collectifs.**

Une hausse de l'offre de transports collectifs accroît la résilience des sociétés relativement aux augmentations des prix du pétrole. Les bénéfices sont non seulement environnementaux, mais également socioéconomiques. Cela dit, il faut développer en priorité les services de transport en fonction des clientèles susceptibles de les utiliser.

#### **2. Pour accroître le financement des transports collectifs, il serait préférable d'accroître les taxes touchant les coûts d'utilisation des véhicules.**



Pour un même niveau d'amélioration des transports collectifs, leurs taux d'utilisation s'avèrent sensiblement supérieurs si les services sont financés par des taxes touchant les coûts d'utilisation des véhicules. La hausse des taxes sur l'essence, la mise en place de péages urbains ou la tarification des espaces de stationnement s'avèrent ainsi largement préférables aux hausses des frais d'immatriculation ou à une taxe sur la masse salariale comme sources de financement du développement des infrastructures des transports collectifs et actifs. Il pourrait s'avérer plus facile de faire accepter une combinaison de plusieurs écotaxes avec des taux modérés, plutôt qu'une seule avec des taux très élevés.

### **3. Les nouvelles politiques doivent accorder une forte attention à la gestion de l'offre et à la tarification des espaces de stationnement.**

La question du stationnement pourrait être une pierre angulaire des politiques visant à réduire simultanément les émissions de gaz à effet de serre et la congestion, tout en contribuant à promouvoir le transport en commun. Il s'agit d'un des enjeux les plus importants. Néanmoins, celui-ci a été particulièrement négligé dans les politiques adoptées jusqu'à présent. La réduction de l'offre de places de stationnement et leur tarification à leur juste coût, tant pour les travailleurs que pour la clientèle des commerces, sont un véritable défi pour le transport durable. Un premier pas serait d'appliquer les lois canadienne et québécoise qui prévoient déjà que les espaces de stationnement fournis aux travailleurs devraient être déclarés en tant que revenus imposables. L'implantation de programmes d'indemnités de stationnement (*parking cash out*) devrait être particulièrement envisagée à grande échelle. La réduction des subventions accordées aux stationnements fournis par les municipalités (en facturant les coûts réels, voire en réduisant leur offre) pourrait également permettre de réallouer des fonds au financement des transports collectifs.

### **4. Les frais d'immatriculation et d'assurances devraient être tarifés selon la distance parcourue.**

En s'inspirant de l'expérience européenne, il serait intéressant d'étudier la possibilité d'adopter une taxe kilométrique appliquée au secteur du camionnage. La taxe sur l'essence tient toutefois déjà compte de la distance parcourue et de l'efficacité énergétique des véhicules, tout en étant beaucoup plus simple à gérer. Le principal intérêt de cette mesure consisterait à remplacer les frais d'immatriculation et d'assurances existants. Il s'ensuivrait

une baisse des coûts pour tous les automobilistes, mais particulièrement pour les conducteurs ayant un plus faible revenu. Cette mesure, à l'instar du *parking cash out*, s'avère ainsi socialement progressive. Leur adoption combinée permettrait d'adopter un ensemble de mesures, tout en réduisant les impacts négatifs potentiels sur les ménages à plus faibles revenus. Considérant que le gouvernement des Pays-Bas a renoncé en 2010 à son projet d'implanter à grande échelle cette mesure<sup>90</sup>, il ne faut pas sous-estimer les enjeux d'acceptabilité sociale. Il faudra notamment évaluer les enjeux de la fiabilité et des coûts des technologies de mesure du kilométrage ainsi que la problématique du risque d'atteinte à la vie privée.

**5. L'introduction d'un éventuel bonus malus doit s'inscrire dans un ensemble cohérent de mesures.**

Le risque de contribuer à l'acquisition de plus de véhicules n'enlève pas la pertinence pour l'État québécois d'adopter une forme de bonus malus afin d'accroître l'efficacité énergétique du parc automobile. Par contre, nos résultats tendent à indiquer que les revenus découlant du malus devraient financer davantage l'acquisition de véhicules électriques et hybrides et même, en partie, les transports collectifs. Il faudrait ainsi éviter d'accorder des subventions trop importantes aux acheteurs de voitures d'entrée de gamme. Il s'agit d'une piste qui mérite d'être explorée.

**6. Une stratégie globale intégrant plusieurs incitatifs économiques permettrait de réduire substantiellement la demande automobile et justifierait une réallocation des investissements.**

Il est plus efficace de financer le développement des transports collectifs par des taxes liées à l'utilisation des véhicules que par toute autre option. Bannir les stationnements fournis gratuitement aux employés équivaut à éliminer une subvention de 1 \$ le litre d'essence, sans accroître le fardeau fiscal (Shoup, 2005). La mutation des frais fixes en frais variables induirait des gains similaires. Une combinaison de ces mesures, dans le contexte de hausse des prix du pétrole, permet d'envisager des transferts modaux bien au-delà de ce qui est

---

<sup>90</sup> Rosenthal, E. (2011) "In Auto Test in Europe, Meter Ticks Off Miles, and Fee to Driver", August 11, *The New York Times*, page A1, also in [http://www.nytimes.com/2011/08/11/science/earth/11meter.html?\\_r=1](http://www.nytimes.com/2011/08/11/science/earth/11meter.html?_r=1).

actuellement anticipé, tout en réduisant les coûts associés au transport pour les citoyens. Il sera d'autant plus justifié de donner une priorité au financement des transports collectifs dans les investissements gouvernementaux, que leur part modale sera en croissance.

## 6.6 Pistes de recherche

Nous pouvons conclure que nos travaux démontrent l'importance d'une stratégie cohérente de gestion durable des transports visant la réduction des émissions de GES et des niveaux de congestion. Même des mesures qui ne contribuent pas directement au financement des transports collectifs le font indirectement, en permettant d'accroître la part d'autofinancement due à l'augmentation de l'achalandage. De plus, une meilleure gestion des stationnements ainsi qu'une éventuelle mutation des frais fixes en frais variables pourraient toutes deux bonifier substantiellement les bénéfices des combinaisons de mesures susceptibles d'être adoptées. Cela contribuerait à accroître l'acceptabilité de l'ensemble des mesures proposées.

La réalisation de cette recherche aura constitué une contribution significative aux connaissances en études urbaines. Elle pourrait, nous l'espérons, constituer un humble apport au processus de prise de décision en matière de politiques publiques et urbaines. Si elle répond à plusieurs interrogations, elle ouvre également la porte sur plusieurs nouvelles questions.

Par exemple, comment une tarification variant dans le temps pourrait-elle permettre d'améliorer la gestion des transports collectifs? Nous avons ainsi démontré qu'un meilleur usage de la tarification pouvait permettre de mieux gérer l'utilisation de l'automobile. En corollaire, une tarification hors pointe des transports collectifs devrait être envisagée. En offrant un tarif plus bas en période hors pointe, il sera théoriquement possible de mieux répartir l'utilisation des transports collectifs et d'accroître la qualité des services en pointe, ce qui en accroîtra les taux globaux d'utilisation. De plus, cette tarification hors pointe pourrait offrir une solution de rechange moins coûteuse pour certaines personnes à plus faibles revenus, tout en incitant des automobilistes à opter pour les transports collectifs dans les périodes où les services sont souvent moins performants. Cette option mérite d'être approfondie.

Ensuite, nous n'avons pu analyser qu'un nombre restreint de mesures. Ainsi, l'introduction d'une taxe sur l'accroissement de la valeur foncière découlant de l'implantation d'infrastructures de transports collectifs pourrait être prélevée afin de contribuer à son développement. Celle-ci pourrait s'avérer théoriquement justifiée si les propriétaires desservis par ces nouveaux services voyaient augmenter la valeur de leur propriété.

De plus, nous avons pu mettre en évidence l'importance de mesures actuellement négligées, tant dans la recherche que dans les politiques publiques. Notons particulièrement l'importance de l'enjeu du stationnement. Il y aurait matière à plusieurs recherches, strictement sur cette problématique. Ensuite, s'il y avait matière à approfondir les connaissances sur l'applicabilité de plusieurs mesures, l'enjeu de leur acceptabilité sociale mériterait également des études plus approfondies.

Mentionnons également que nous avons été obligés de restreindre le nombre de variables étudiées dans nos démarches, notamment afin de permettre l'évaluation de l'effet de plusieurs incitatifs économiques. Nous avons donc dû exclure de l'analyse plusieurs variables qui auraient pu intégrer des notions telles que l'offre routières ou les niveaux de congestion afin de simplifier les modélisations.

Finalement, il serait pertinent d'améliorer la banque de données internationales que nous avons montée, notamment en la prolongeant au fur et à mesure que de nouvelles données s'avéreront disponibles. D'autres analyses pertinentes pourront en résulter. Il serait également possible d'intégrer l'étude de l'incidence de l'étalement urbain, mais les meilleures données que nous avons trouvées à cet égard ne portent que sur les villes américaines.

## BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE

Afonso, A., L. Schuknecht and V. Tanzi (2008), *Income Distribution Determinants and Public Spending Efficiency*, Working paper series, No. 861 / January, 53 p. This paper can be downloaded without charge from <http://www.ecb.europa.eu> or from the Social Science Research Network electronic library at [http://ssrn.com/abstract\\_id=1083986](http://ssrn.com/abstract_id=1083986)

Agence de l'efficacité énergétique du Québec (2008), *Secteur transport des personnes, Cahier du participant*, Consultation en vue de l'élaboration du plan d'ensemble en efficacité énergétique et nouvelles technologies.

Agence métropolitaine des transports [AMT] (2010), *Enquête-Origine-Destination 2008, La mobilité des personnes dans la région de Montréal*, 26 p.

Agence du revenu du Canada (2009), *Guide de l'employeur, Avantages et allocations imposables 2009*, 44 p.

Agnolucci, P. (2009), "The Effect of the German and British Environmental Taxation Reforms: A Simple Assessment", *Énergie Policy*, 37, pp. 3043–3051.

Ahlstrand, I. (2001), "The Politics and Economics of Transport Investment and Pricing in Stockholm", *Journal of Transport Economics and Policy*, Volume 35, Part 3, September, pp. 473–489.

Alain, M. (2004), *Les us et abus dans l'application de la régression multiple aux sciences humaines*, Trois-Rivières, SMG, ISBN : 2-89094-163-9 G (cité in [http://www.uqtr.ca/cours/srp-6018/periode6/regression\\_multiple.htm](http://www.uqtr.ca/cours/srp-6018/periode6/regression_multiple.htm))

American Public Transportation Association [AMR] (2010), *Impacts of the Recession on Public Transportation Agencies*, Survey Result, 8 p. [http://www.apta.com/resources/reportsandpublications/Documents/Impacts\\_of\\_Recession\\_March\\_2010.pdf](http://www.apta.com/resources/reportsandpublications/Documents/Impacts_of_Recession_March_2010.pdf) (Consulté le 07 septembre 2011)

Anas, A. and G. R. Timilsina (2009), *Impacts of Policy Instruments to Reduce Congestion and Emissions from Urban Transportation The Case of São Paulo, Brazil*, Policy Research Working Paper 5099, The World Bank, Development Research Group, Environment and Energy Team, September, WPS5099, 28 p.

Anas, A. and H.-J. Rhee (2009), "Curbing excess sprawl with congestion tolls and urban boundaries", *Regional Science and Urban Economics*, 36, pp. 510–541.

Anas, A. and R. Lindsey (2011), "Reducing Urban Road Transportation Externalities: Road Pricing in Theory and in Practice", *Rev Environ Econ Policy*, 5 (1), pp. 66–88.

Anderson, L. G. et R. F. Settle (1998), *Analyse coûts-avantages. Un guide pratique*, Presses de l'Université du Québec et HEC-CETAI, 177 p.

Armelius, H. and L. Hultkrantz (2006), "The Politico-Economic Link Between Public Transport and Road Pricing: An Ex-Ante Study of the Stockholm Road-Pricing Trial", *Transport Policy*, 13, pp. 162–172.



- Association mondiale de la route [AMR] (2009), *La tarification en tant qu'instrument de financement et de régulation, dans une optique d'équité*. Comité technique AIPCR 1.1 Aspects économiques des réseaux routiers, France, 157 p.
- Auvine, B., B. Densmore, M. Extrom, S. Poole and M. Shanklin (2002), "What Do We Mean By Facilitation", *Group Facilitators*, printemps, 4, pp. 53-55.
- Bailey, L., P. L. Mokhtarian and A. Little (2008), *The Broader Connection Between Public Transportation, Energy Conservation and Greenhouse Gas Reduction*, February, Requested by: American Public Transportation Association, Submitted by: ICF International, Transit Cooperative Research Program, Transportation Research Board, 29 p.
- Baltagi, B. H. (2005), *Econometric Analysis of Panel Data*, Third Edition, 302 p.
- Banister, D, J. Pucher, and M. Lee-Gosselin, (2007), "Making Sustainable Transport Politically and Publicly Acceptable," in Rietveld, P. and R. Stough, eds., *Institutions and Sustainable Transport: Regulatory Reform in Advanced Economies*. Cheltenham, England: Edward Elgar Publishing, pp. 17-50.
- Banister, D. (2008), "The Sustainable Mobility Paradigm", *Transport Policy*, vol. 15, no. 2, pp. 73-80.
- Barla, P., B. Lamonde, L. F. Miranda-Moreno and N. Boucher (2009), "Traveled Distance, Stock and Fuel Efficiency of Private Vehicles in Canada: Price Elasticities and Rebound Effect", *Transportation*, 36, pp. 389-402.
- Bardi, U. (2009), "Peak Oil: The Four Stages of a New Idea", *Energy*, 34, pp. 323-326.
- Barla, P., B. Lamonde, L. F. Miranda-Moreno and N. Boucher (2009), "Traveled Distance, Stock and Fuel Efficiency of Private Vehicles in Canada: Price Elasticities and Rebound Effect", *Transportation*, 36, pp. 389-402.
- Barro, R. J. (2000), "Inequality and Growth in a Panel of Countries», *Journal of Economic Growth*, 5 (1), pp. 5-32.
- Barro, R. J. (2003), "Determinants of Economic Growth in a Panel of Countries", *Annals of Econ. and Finance*, Vol. 4, pp. 231-274.
- BenDor, T. and A. Ford (2006), "Simulating a combination of feebates and scrappage incentives to reduce automobile emissions", *Energy*, 31. pp. 1197-1214.
- Bernstein, S., C. Makarewicz and K. McCarty (2005), *Driven to Spend: Pumping Dollars out of Households and Communities*, A Special Report from the Surface Transportation Policy Project, 23 p.
- Beuermann, C. and T. Santarius (2006), "Ecological Tax Reform in Germany: Handling Two Hot Potatoes at the Same Time", *Energy Policy*, 34, pp. 917-929.
- Blow, L., A. Leicester and Z. Smith (2003), *London Congestion Charge*, Institute for Fiscal Studies, Briefing Note No. 31, 18 p.
- Bonnell, P. and M. Le Nir (1998), "The Quality of Survey Data: Telephone versus Face-to-Face Interviews", *Transportation*, 25, pp. 147-167.

- Bordoff, J. E. and P. J. Noel (2008), *Pay-As-You-Drive Auto Insurance: A Simple Way to Reduce Driving-Related Harms and Increase Equity*, The Hamilton Project, the Brookings Institution ([www.brookings.edu/~media/Files/rc/papers/2008/07\\_payd\\_bordoffnoel.pdf](http://www.brookings.edu/~media/Files/rc/papers/2008/07_payd_bordoffnoel.pdf)).
- Bosello, F., C. Carraro and M. Galeotti (2001), "Theory and Applications. The double dividend issue: modeling strategies and empirical findings", *Environment and Development Economics*, 6, pp. 9-45.
- Bräuninger, M., S. Schulze, L. Leschus, J. Perschon, C. Hertel, S. Field and N. Foletta (2012), *Achieving Sustainability in Urban Transport in Developing and Transition Countries*, On behalf of the Federal Environment Agency (Germany), 154 p.
- Bréchet, T. et P. Van Brusselen (2007), « Le pic pétrolier : un regard d'économiste », *Reflets et perspectives de la vie économique*, no 4, Tome XLVI, pp. 63-81.
- Brodhag, C., F. Breuil, N. Gondran et F. Ossama (2003), *Dictionnaire du développement durable*, Éditions MultiMondes et AFNOR, 279 p.
- Bruno, M., M. Ravallion and L. Squire (1998), "Equity and Growth in Developing Countries: Old and New Perspectives on the Policy Issues", in Vito Tanzi and Ke-young Chu, *Income distribution and high-quality growth*, chapter 5, pp. 117-146.
- Brunson, M. W. (1993), "“Socially Acceptable” Forestry: What Does It Imply for Ecosystem Management?", *Western Journal of Applied Forestry*, 8 (4), 116-119.
- Brunson, M. W. (1996), "A Definition of “Social Acceptability” in Ecosystem Management" [Electronic version], In M.W. Brunson, L.E. Kruger, C.B. Tyler and S. A. Schroeder (Eds.), *Defining Social Acceptability in Ecosystem Management : A Workshop Proceedings* (pp. 7-17), Portland, OR, USDA Forest Service Pacific Northwest Research Station, PNW-GTR-369.
- Buehler, R., J. Pucher and U. Kunert (2009), *Making Transportation Sustainable: Insights from Germany*, Prepared for the Brookings Institution Metropolitan Policy Program, April, 38 p.
- Caldeira, K., S. J. Davis and L. Cao (2008), "Will Peak Oil Accelerate Carbon Dioxide Emissions?", *Eos Trans. AGU*, 89 (53), Fall Meet. Suppl.
- Callan, T., S. Lyons, S. Scott, R. S. J. Tol and S. Verde (2009), "The Distributional Implications of a Carbon Tax in Ireland", *Energy Policy*, 37, pp. 407-412.
- Calthrop, E., S. Proost and K. Van Dender (2000), "Parking Policies and Road Pricing", *Urban Studies*, vol. 37, no. 1, pp. 63-76.
- CAA-Québec (2010), *Coûts d'utilisation d'une automobile 2010*, Association canadienne des automobilistes, section Québec, 12 p.
- Carnis, L. (2002), « Le péage est-il la solution aux problèmes de congestion? Une perspective critique », *Revue d'économie régionale et urbaine*, No 2, pp. 299-318.
- Carson, R. T. and T. Groves (2007), "Incentive and Informational Properties of Preference Questions", *Environ Resource Econ*, 37, pp. 181-210.

- Carson, R. T., N. E. Flores and N. F. Meade (2001), "Contingent Valuation: Controversies and Evidence", *Environmental and Resource Economics*, 19, pp. 173–210.
- Carson, R. (2000), "Contingent Valuation: A User's Guide", *Environ. Sci. Technol.*, 34, pp. 1413–1418.
- Caulfield, B. (2009), "Estimating the Environmental Benefits of Ride-Sharing: A case study of Dublin", *Transportation Research Part D*, 14, pp. 527–531.
- CE Delft, Infrac, Fraunhofer ISI (2008), *External Costs of Transport in Europe, Update Study for 2008*, Delft, CE Delft, September, 161 p.
- Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques [CERTU]. (2001), *Tarification des déplacements automobiles urbains*, ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, France, 180 p.
- Cervero, R. (2002), "Induced Travel Demand: Research Design, Empirical Evidence, and Normative Policies", *Journal of Planning Literature*, 17; pp. 3–20.
- Cervero, R., O. Sandoval and J. Landis (2002), "Transportation as a Stimulus of Welfare-to-Work: Private versus Public Mobility", *Journal of Planning Education and Research*, Vol. 22, No. 1, pp. 50–63.
- Cervero, R. (2003), "Road Expansion, Urban Growth, and Induced Travel : A Path Analysis", *Journal of the American Planning Association*, Vol. 69, No. 2, Spring, pp. 145–163.
- Cervero, R. and M. Ducan (2006), "Which Reduce Vehicle Travel More: Jobs-Housing Balance or Retail-Housing Mixing", *Journal of the American Planning Association*, 72; pp. 475–490.
- Cervero, R., A. Adkins and C. Sullivan (2010a), *Toward Green TODs*, Working Paper, UCB-ITS-VWP-2010-7, UC Berkeley Center for Future Urban Transport, 27 p.
- Cervero, R., A. Adkins and C. Sullivan (2010b), "Are Suburban TODs Over-Parked?", University of California, Berkeley, *Journal of Public Transportation*, Vol. 13, No. 2, pp. 47–70.
- Chambre de commerce du Montréal métropolitain [CCMM] (2010), *Le transports en commun : Au coeur du développement économique de Montréal*, Une étude réalisée en collaboration avec SECOR, 58 p.
- Charlot-Valdieu, C. et P. Outrequin (2011), *L'urbanisme durable. Concevoir un écoquartier*, Éd. Le Moniteur, France, 312 p.
- Chen, C., D. Varley and J. Chen (2010), "What Affect Transit Ridership? A Dynamic Analysis Involving Multiple Factors, Lags and Asymmetric Behaviour", *Urban Studies*, pp. 1–16.
- Cherchi, E. and J. de Dios Ortúzar (2006), "Income, Time Effects and Direct Preferences in a Multimodal Choice Context: Application of Mixed RP/SP Models with Non-Linear Utilities", *Netw Spat Econ.*, 6, pp. 7–23.

Choo, S. and P. L. Mokhtarian (2002), *The Relationship of Vehicle Type Choice to Personality, Lifestyle, Attitudinal and Demographic Variables*, UCD-ITS-RR-02-06, Institute of Transportation Studies, University of California, Davis, California, October, 164 p.

Choo, S. and P. L. Mokhtarian (2004), *Modeling the Individual Consideration of Travel-Related Strategy Bundles*, UC Davis: Institute of Transportation Studies. Retrieved From: <http://www.escholarship.org/uc/item/3123v46c>.

Choo, S. and P. L. Mokhtarian (2008), "How do People Respond to Congestion Mitigation policies? A multivariate Probit Model of the Individual Consideration of Three Travel-Related Strategy Bundles", *Transportation*, 35, pp. 145-163.

Clinch, J. P., L. Dunne and S. Dresner (2006), "Environmental and Wider Implications of Political Impediments to Environmental Tax Reform", *Energy Policy*, 34, pp. 960-970.

Comby, J. -B., S. Frère et H. J. Scarwell (2009), *L'acceptabilité sociale des écotaxes de transport. Éléments pour une analyse sociologique d'une préoccupation politique, Rapport Final*, APPA AETP, Université de Lille 1, Sciences et Technologies, 93 p.

Commissariat au développement durable (2009), « Les immatriculations de voitures particulières neuves, un an après la mise en place du bonus malus », *Le point sur*, no. 4, février, France, 4 p.

Commission des finances, de l'économie générale et du contrôle budgétaire (2009), *L'évaluation des effets économiques du bonus malus écologique*, France, 37 p.

Commission mondiale sur l'environnement et le développement [CMED] (1988) *Notre avenir à tous*, Éditions Du Fleuve - Publications du Québec, 456 p.

Communauté métropolitaine de Montréal [CMM] (2011), *Plan métropolitain d'aménagement et de développement*, 194 p.

CMM (2012), *Financer le transport en commun dans le Grand Montréal, Document de consultation*, Commission du transport de la Communauté métropolitaine de Montréal, Mars, 20 p.

Conférence européenne des ministres des Transports [CEMT] (2003), *La réforme des taxes et redevances dans les transports*, Les publications de la CEMT sont diffusées par le Service des Publications de l'OCDE, 216 p.

CEMT (2004), *Évaluations et prise de décision pour des transports durables*, Les publications de la CEMT sont diffusées par le Service des Publications de l'OCDE, 255 p.

Cox, W. (2005), *The London congestion charge. Separating the hype from reality*, The public Purpose, no. 87, June, 7 p.

Cox, W. (2006), *Comment le développement de la banlieue rend la métropole plus compétitive*, Les Cahiers de recherche de l'Institut économique de Montréal, 32 p.

Curtis, F. (2009), "Peak Globalization: Climate Change, Oil Depletion and Global Trade", *Ecological Economics*, 69, pp. 427-434.

Dahl, C. and T. Sterner (1991), "Analysing Gasoline Demand Elasticities: a Survey", *Energy Economics*, July, pp. 203-210.



- Davis, W. B., M. D. Levine, K. Train and K. G. Duleep (1995), *Effects of Feebates on Vehicle Fuel Economy, Carbon Dioxide Emissions, and Consumer Surplus*, Technical Report Two of Energy Efficiency in the U.S. Economy, US DOE Office of Policy, DEO/PO-0031, 138 p.
- De Almeida, P. and D. Silva (2009), "The Peak of Oil Production: Timings and Market Recognition", *Energy Policy*, 37, pp. 1267–1276.
- De Borger, B. and S. Proost (2012), "A Political Economy Model of Road Pricing", *Journal of Urban Economics*, 71, pp. 79–92.
- De Coninck, P. (1997), « L'implication des citoyens ordinaires dans le processus d'aide à la décision en santé publique », *Ruptures*, revue transdisciplinaire en santé, vol. 4, n°2, pp. 152–162.
- Derycke, P.-H. (1997), *Le péage urbain : Histoire-analyse-politiques*, Édition Économica, 205 p.
- Derycke, P.-H. (2000), « Mobilité, congestion, Péage. Réflexion sur les politiques de réduction de l'encombrement urbain », *Revue d'économie régionale et urbaine*, No 1, pp. 157–168.
- de Groot, J. and Steg (2006), "Impact of Transport Pricing on Quality of Life, Acceptability, and Intentions to Reduce Car Use : An Exploratory Study in Five European Countries", *Journal of Transport Geography*, 14, pp. 463–470.
- DeShazo, J. R. and G. Fermo (2002), "Designing Choice Sets for Stated Preference Methods: The Effects of Complexity on Choice Consistency", *Journal of Environmental Economics and Management* 44, pp. 123–143.
- Desjardins, J. (2007), « L'analyse de régression logistique », *Tutorials in Quantitative methods for psychology*, Vol. 1 (1), pp. 35–41.
- Didier, C. J. and R. A. Johnston (1997), "Incentives for Local Governments to Implement Travel Demand Management Measures", *Transpn Res.-A*, Vol. 31, No. 4, pp. 295–308.
- Dresner, S. and P. Ekins (2005), *Climate Change and Fuel Poverty*, Policy Studies Institute.
- Dresner, S., L. Dunne, P. Clinch and C. Beuermann (2006), "Social and Political Responses to Ecological Tax Reform in Europe: an Introduction to the Special Issue", *Energy Policy* (34): 895–904.
- Drzymala, L. (2011), *Recensement des sources de financement alternatives et innovantes du Transport collectif en milieu urbain en rapport avec les préceptes de la théorie de l'économie de l'environnement*, Les Cahiers de la CRSDD – collection recherche, No 01-2011, 115 p.
- Edlin, A. S. and P. K. Mandic (2006), "The Accident Externality from Driving", *Journal of Political Economy*, 114 (5), pp. 931–955.
- Emelianoff, C. et R. Stegassy, (2010), *Les pionniers de la ville durable*, Éd. Autrement, 300 p.
- Ekins, P. and S. Dresner (2004), *Green Taxes and Charges. Reducing Their Impact on Low-Income Households*, Joseph Rowntree Foundation, 67 p.



Espey, M. (1996), "Watching the Fuel Gauge: An International Model of Automobile Fuel Economy", *Energy Economics*, Vol. 18, pp. 93-295.

Espey, M. (1998), "Gasoline Demand Revisited: An International Meta-Analysis of Elasticities", *Energy Economics*, Vol. 20, pp. 273-295.

European Commission (1995), *Towards Fair and Efficient Pricing in Transport*, COM (95) 691, 98 p.

European Commission (2003), "EUR 20198 — External Costs, Research results on socio-environmental damages due to electricity and transport", Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 24 pp, ISBN 92-894-3353-1, disponible sur [www.externe.info/externpr.pdf](http://www.externe.info/externpr.pdf)

European Commission (2011), *White Paper on Transport, Towards Fair and Efficient Pricing in Transport*, 32 p.

Ezcurra, R. (2007), "Is Income Inequality Harmful for Regional Growth? Evidence from the European Union", *Urban Studies*, Vol. 44, No. 10, pp. 1953-1971.

Farrell, S., W. Saleh (2005), "Road-User Charging and the Modelling of Revenue Allocation", *Transport Policy*, 12, pp. 431-442.

Fields, G. S. (1989), "Change in Poverty and Inequality in Developing Countries", *World Bank Res Obs.*, 4 (2), pp. 167-185.

Filion, P., T. Bunting and K. Warriner (1999), "The Entrenchment of Urban Dispersion: Residential Preferences and Location Patterns in the Dispersed City", *Urban Studies*, Vol. 36, No. 8, pp. 1317-1347.

Ford, R. M., K. J. H. Williams, I. D. Bishop and T. Webb (2009), "A Value Basics for the Social acceptability of clearfelling in Tasmania, Australia", *Landscape and Urban Planning*, 90, pp. 196-206.

Forum International des Transports-OCDE [FIT-OCDE] (2008), *Pétrole et transports : La fin des carburants à prix abordables*, Paris, 230 p.

Friedrichs, J. (2012), "Peak Oil Futures: Same Crisis, Different Responses", book chapter in Inderwildi, O. and Sir D. King Eds, *Energy, Transport & the Environment*, London: Springer, pp. 55-75.

Frey, B. S. (2003), "Why Are Efficient Transport Policy Instruments so Seldom Used?", in Schade, J. et Schlag, B. Editors (2003), *Acceptability of Transport Pricing Strategies*, Elsevier, pp. 63-75.

Fronzel, M. and C. Vance (2011), "Rarely Enjoyed? A Count Data Analysis of Ridership in Germany's Public Transport", *Transport Policy*, 18, pp. 425-433.

Frumkin, H., L. Frank and R. Jackson (2004), *Urban Sprawl and Public Health*, 338 p.

Fujiwara, N., J. Núñez Ferrer and C. Egenhofer (2006), *The Political Economy of Environmental Taxation in European Countries*, Centre for European Policy Studies CEPS Working Document, No. 245/June.

Gagnon, L. (1990), *L'échec macro-écologique. Exigences des écologistes et outputs des systèmes politiques*, thèse de doctorat en sciences politiques, Université de Montréal. Reprise dans Gagnon, L. (1993), *Échec des écologistes*, Éditions du Méridien, 410 p.

Gagnon, L. (1991), « Les conséquences de la trilogie "auto-bungalow-banlieue" », *Écodécision*, décembre, pp. 53-56.

Gagnon, L. (2008), "Civilisation and Energy Payback", *Energy Policy*, 36, pp. 3317-3322.

Gagnon, L. et P.-O. Pineau, (2012) *Le financement du transport public, dans un contexte de concurrence déloyale*, Mémoire du Groupe de recherche interdisciplinaire en développement durable de HEC Montréal, 7 p.

Gagnon, L. et P.-O. Pineau, (2013) *Les coûts réels de l'automobile, un enjeu mal perçu par les consommateurs et les institutions*, Cahier de recherche, Groupe de recherche interdisciplinaire en développement durable de HEC Montréal, 29 p.

Gärling T., D. Eeka, P. Loukopoulos, S. Fujiic, O. Johansson-Stenmand, R. Kitamura, R. Pendyalae and B. Vilhelmsonf (2002), "A Conceptual Analysis of the Impact of Travel Demand Management on Private Car Use", *Transport Policy*, 9, pp. 59-70.

Gärling, T. and G. Schuitema (2007), "Travel Demand Management Targeting Reduced Private Car Use: Effectiveness, Public Acceptability and Political Feasibility", *Journal of Social Issues*, Vol. 63, No. 1, pp. 139-153.

Gaudry, M., S. Mallet et C. Marullo (1996), *BRQ-1 : un premier bilan intégré des coûts et revenus du réseau routier au Québec et du transport public de la grande région de Montréal de 1979 à 1994 [partie I + II + III]*, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal.

Gehl, J. (2010), *Pour des villes à échelle humaine*, Éd. Écosociété, 273 p.

Glachant, M. (2004), *Les instruments de la politique environnementale*, polycopié du concours de Microéconomie de l'environnement II, DEA Économies de l'Environnement et des Ressources naturelles, École Nationale Supérieure des Mines de Paris, 58 p.

Glaister, S. and D. J. Graham (2006), "Proper Pricing for Transport Infrastructure and the Case of Urban Road Congestion", *Urban Studies*, vol. 41, no. 8, pp. 1395-1418.

Glazer, A. and E. Niskanen (2005) "When Users of Congested Roads May View Tolls as Unjust", *European Transport \ Trasporti Europei*, no. 31, pp. 6-14.

Görres, A. (2005), *Germany's Ecotax Reform 1999 - 2003: Implementation, Impact, Future Development*, Chairman Green Budget Germany, Berlin, October 12, disponible sur <http://www.env.go.jp/council/16pol-ear/y162-22/mat02-1.pdf>

Goulder, L. H. (1995), "Environmental Taxation and the Double Dividend: A Reader's Guide", *International Tax and Public Finance*, 2, pp. 157-183.

Gourvil, L. and F. Joubert (2004), *Évaluation de la congestion routière dans la région de Montréal*. Study conducted by Les conseillers ADEC inc. and the Ministère des Transports du Québec, 123 p.

- Graham, D. J. and S. Glaister (2002), "The Demand for Automobile Fuel: A Survey of Elasticities", *J. of Transport Economics and Policy*, vol. 36, part 1, pp. 1-36.
- Graham, D. J., S. Glaister, M. Quddus and Z. Wadud (2009), "Testing for the Distributional Effects of National Road User Charging", *International Journal of Sustainable Transportation*, 3:1, pp. 18-38.
- Greene, W. H. (1993), *Econometric Analysis, Second Edition*, MacMillan Ed., 791 p.
- Greene, D. L., P. D., Patterson, Singh, M. and Li, J. (2005), "Feebates, Rebates and Gas-Guzzler Taxes: a Study of Incentives for Increased Fuel Economy", *Energy Policy*, vol. 33, no. 6, April, pp. 757-775.
- Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat [GIEC] (2007), *Résumé à l'intention des décideurs. Changements climatiques 2007 : Les éléments scientifiques, Contribution du Groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation du GIEC*, 18 p (voir aussi contribution du Groupe de travail II et III).
- Groupe de travail sur les transports et les changements climatiques [GTT] (2000), *Les options pour la réduction des émissions de GES dans les transports au Québec*, rapport remis au Comité interministériel sur les changements climatiques du gouvernement du Québec, 184 p.
- Guerre, E. and R. Cervero (2011), "Cost of a Ride", *Journal of the American Planning Association*, 77 (3), pp. 267-290.
- Hakonsen, L. (2001), "A note on Green Taxes and Double Dividends", *International Tax and Public Finance*, 8, pp. 75-80.
- Helfand, G. and A. Wolverton (2009), *Evaluating the Consumer Response to Fuel Economy: A Review of the Literature*, U.S. Environmental Protection Agency, National Center for Environmental Economics, 60 p.
- Karlenzig, W. (2010), *The Death of Sprawl. Designing Urban Resilience for the Twenty-First-Century Resource and Climate Crises*, The Post Carbon Reader Series: Cities, Towns, and Suburbs, 22 p.
- Han, S. S. (2009), "Managing Motorization in Sustainable Transport Planning: the Singapore Experience", *J. Transp. Geogr.*, doi:10.1016/j.jtrangeo.2009.06.01.0.
- Hau, T. D. (1990), "Electronic Road Pricing: Developments in Hong Kong 1983-1989", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 24, No. 2 (May), pp. 203-214.
- Heinberg R. (2005), *Party's Over: Oil, War and the Fate of Industrial Societies*, Canada, New Society Publishers, 288 p.
- Hensher, D. A., J. M. Rose and W. H. Greene (2008), "Combining RP and SP Data: Biases in Using the Nested Logit 'Trick'—Contrasts with Flexible Mixed Logit Incorporating Panel and Scale Effects", *Journal of Transport Geography*, 16, pp. 126-133.
- Hensher, D. A and W. H. Greene (2003), "The Mixed Logit Model: The State of Practice", *Transportation*, 30, pp. 133-176.
- Hess, D. B. (2001), "Effect of Free Parking on Commuter Mode Choice", *Transportation Research record*, 1753, Paper No. 01-0448, pp. 35-42.

- Himanen, V., M. Lee-Gosselin and A. Perrels (2004), "Impacts of Transport on Sustainability: Towards an Integrated Transatlantic Evidence Base", *Transport Reviews*, vol. 24, no. 6, pp. 691-705.
- Hirota, K. and J. Poot (2005), "Taxes and the Environmental Impact of Private Car Use: Evidence from 68 Cities", chap. 15 of Reggiani, A. and L. A. Schintler Ed. *Methods and Models in Transport and Telecommunications*, Springer Berlin Heidelberg, pp. 299-317.
- Hoerner, J. A. and B. Bosquet (2001), *"Environmental Tax Reform: The European Experience"*, Washington, Center for a Sustainable Economy.
- Hoss, A. F. and M. W. Brunson (2000), "Meanings and Implications of Acceptability, Judgments for Wilderness Use Impacts", *USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-15-VOL-4*, pp. 128-133.
- Hourcade, J.C. and F. Gherzi (2007), "La taxe carbone: une idée à ne pas gâcher", *Pour la science*, 54, pp. 68-71.
- Hsu, S.-L., J. Walters and A. Purgas (2008), "Pollution Tax Heuristics: An Empirical Study of Willingness to Pay Higher Gasoline Taxes", *Energy Policy* 36, pp. 3612– 3619.
- Hultkrantz, L. and X. Liu (2009), *Green Cars Sterilize Congestion Charges: A Model Analysis of the Reduction of the Reduced Impact of Stockholm Road Tolls*, Working Paper 16, ISSN 1403-0586, 39 p.
- Impact Recherche (2002), *Sondage sur les perceptions et solutions relatives à la mobilité entre Montréal et la Rive-Sud : Résultats*, Réalisé pour : La Commission de consultation sur l'amélioration de la mobilité entre Montréal et la Rive-Sud, 35 p.
- International Energy Agency [IEA] (2009), *CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion Highlights (2009 Edition)*, IEA Statistics, 123 p.
- International Transport Forum [ITF] (2011a), *Trends in the Transport Sector 1970-2009*, OECD Editor, 94 p.
- ITF (2011b), *Transport Outlook 2011*, OECD Editor, 48 p.
- Ison, S. and S. Wall (2002), "Attitudes to Traffic-Related Issues in Urban Areas of the UK and the Role of Workplace Parking Charges", *Journal of Transport Geography*, 10, pp. 21–28.
- Ivanova, O., G. De Ceuster, M. Chen and L. Tavasszy (2007), Assessing the Social Dimension of Sustainable Transport Policy: an Overview: *Deliverable 4.1. Refinement and test of sustainability and tools with regard to European Transport policies*, Commissioned by: European Commission – – DG TREN; sixth Framework Programme, 61 p.
- Jaccard, M., R. Murphy and N. Rivers (2004), "Energy-Environment Policy Modeling of Endogenous Technological Change with Personal Vehicles: Combining Top-Down and Bottom-Up Methods", *Ecological Economics*, 51, pp. 31– 46
- Jaensirisak S., A. D. May and M. Wardman (2003), "Acceptability of Road User Charging: The Influence of Selfish and Social Perspectives", in Schade, J. and B. Schlag Editors (2003), *Acceptability of Transport Pricing Strategies*, Elsevier, pp. 203-218.



- Jaensirisak S., M. Wardman, and A. D. May (2005), "Explaining Variations in Public Acceptability of Road Pricing Schemes", *Journal of Transport Economics and Policy*, Volume 39, Part 2, May, pp. 127-153.
- Johansson, O. and L. Schipper (1997), "Measuring the Long-Run Fuel Demand of Cars: Separate Estimations of Vehicle Stock, Mean Fuel Intensity, and Mean Annual Driving Distance", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 31, No. 3 (Sept.), pp. 277-292.
- Johansson, L.-O., G., Falkemark, T. Gärling, M. Gustafsson and O. Johansson-Stenman (2003), "Political Acceptance of Road Pricing: Goal Conflicts in Municipality Decision Making", in SCHADE, Jens and SCHLAG, Bernhard Editors (2003), *Acceptability of Transport Pricing Strategies*, Elsevier, pp. 269-278.
- Johnson, K. C. (2006), "Feebates: An effective regulatory instrument for cost-constrained environmental policy", *Energy Policy*, 34, pp. 3965-3976.
- Johnston, R. A. (2006), *Review of U.S. and European Regional Modeling Studies of Policies Intended to Reduce Motorized Travel, Fuel Use, and Emissions*, Victoria Transport Policy Institute, BC, Canada, 9 p.
- Joubert, G., C. Laplante et G. Charrette (2009), *Évaluation des coûts de la congestion routière dans la région de Montréal pour les conditions de référence de 2003*, étude réalisée pour le ministère des Transports du Québec par Les Conseillers ADEC inc., 89 p.
- Kahn, M. E. (2007), "Do Green Drive Hummers or Hybrids? Environmental Ideology as a Determinant of Consumer Choice", *Journal of Environmental Economics and Management*, 54, pp. 129-145.
- Karathodorou, N., D. J. Graham and R. B. Noland (2010), "Estimating the Effect of Urban Density on Fuel Demand", *Energy Economics*, 32, pp. 86-92.
- Karlenzig, W. (2010), *The Death of Sprawl*, The Post Carbon Reader Series: Cities, Towns, and Suburbs, Post Carbon Institute, Santa Rosa, California 95404 USA, 19 p.
- Kenworthy, J. (2006), "The eco-city: ten key transport and planning dimensions for sustainable city development", *Environment et Urbanization*, International Institute for Environment and Development (IIED). Vol.18 (1), 2006, pp. 67-85.
- Kenworthy, J. (2011) *Why Rail Systems Are Essential in Creating Eco-Cities*, Keynote Address Presented to ECOCITY International Conference 2011, Montreal, August 26<sup>th</sup>.
- Kerr, R. A. (2011), "Peak Oil Production May Already Be Here", *Science*, Vol. 331 no. 6024, pp. 1510-1511.
- Kloka, J., A. Larsenb, A. Dahlc and K. Hansenb (2006), "Ecological Tax Reform in Denmark: History and Social Acceptability", *Energy Policy*, 34, pp. 905-916.
- Knight, F. H.(1924), "Some Fallacies in the Interpretation of Social Cost", *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 38, No. 4 (Aug.), pp. 582-606.
- Knopflacher, H. (2006), "A New Way to Organize Parking: the Key to a Successful Sustainable Transport System for the Future", *Environment et Urbanization*, IIED. Vol.18 (2), pp. 387-400.



- Kodransky, M. and G. Hermann (2011), *Europe's parking U-turn: From Accomodation to Regulation*. Institute for Transportation & Development Policy ([www.itdp.org](http://www.itdp.org)), New York, 83 p.
- Koh, W. T. H. (2004), "Congestion Control and Vehicle Ownership Restriction", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 38, Part 3 (Sept.), pp.321-402.
- Krebs, P. and U. Balmer (2012), *Fair and Efficient, the Distance-Related Heavy Vehicle Fee (HVF) in Switzerland*, Publisher: Federal Office for Spatial Development (ARE), Department of the Environment, Transport, Energy and Communications (DETEC), Confédération Suisse, 23 p.
- Kruger, L. (2001), "What is Essential is Invisible to the Eye: Understanding the Role of Place and Social Learning in Acheving Sustainable Landscapes", in chap. 12 of Richard, S., J. Sheppard, H. W. Harshaw Eds, *Forests and Landscapes : Linking Ecology, Sustainability, and Aesthetics*, IUFRO Research Series 6, IUFRO et CABI Publishing, 294 p.
- Kunert, U. and H. Kuhfeld (2006), *The Diverse Structures of Passenger Car Taxation in Europe and the EU Commissions Proposal for Reform*, DIW Berlin, German Institute for Economic Research, Discussion papers 589, 22 p.
- La Branche, S. (2011), « La gouvernance climatique face à la mobilité quotidienne. Le cas des Lyonnais », *Environnement Urbain / Urban Environment*, vol. 5, p. 10-23.
- Lafrance, G. (2003), *La boulimie énergétique, suicide de l'humanité?*, Éditions MultiMondes, 193 p.
- Langer, T. (2005), *Vehicle Efficiency Incentives: an Update on Feebates for States*, Report Numbert TO51, American Council for an Energy-Efficient Economy, 23 p.
- Langmyhr, T. (1997), "Managing equity: The Case of Road Pricing", *Transport Policy*, Vol. 4, No. 1, pp. 25-39.
- Lee, K. N. (2006), "Urban Sustainability and the Limits of Classical Environmentalism", *Environment and Urbanization*, 18, pp. 9-22.
- Lefebvre, J.-F., Y. Guérard et J.-P. Drapeau (1995), *L'autre écologie : Économie, transports et urbanisme, une perspective macroécologique*, Éditions MultiMondes - GRAME, 370 p.
- Lefebvre, J.-F., G. A. Tanguay and F. Junca-Adenot (2009), "Rising to the Occasion: How Transportation Green Taxes Could Yield Double Dividends for Montreal and the Province of Quebec", In Lye Lin Heng (Ed.), *Critical Issues in Environmental Taxation*, Volume 7, Oxford University Press, chapter 9, pp. 147-166.
- Lefebvre, J.-F. (2012), « Stratégie intégrée et pacte social pour des transports urbains durable », Book chapter, *Métropoles des Amériques : Inégalités, conflits et gouvernance*, PUQ, 357 p (pp. 225-236).
- Levinson, D. (2005), "Micro-Foundations of Congestion and Pricing: A Game Theory Perspective", *Transportation Research Part A*, vol. 39, pp. 691-704.
- Lindsey, R. (2006), "Do Economists Reach a Conclusion on Road Pricing? The Intellectual History of an Idea", *Econ. Journal Watch*, Vol. 3 (2), May, pp. 292-379.

- Litman, T. (1997), "Policy Implications of Full Social Costing", *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, Vol. 553, Transport at the Millennium (Sep.), pp. 143-156.
- Litman, T. (1997b), "Distance-Based Vehicle Insurance as a TDM Strategy", *Transportation Quarterly*, Vol. 51, No. 3, summer, pp. 119-138.
- Litman, T. (2002), "Evaluating Transportation Equity", *World Transport Policy and Practice*, vol. 8, no. 2, pp. 50-65.
- Litman, T. (2005), *Pay-As-You-Drive Vehicle Insurance: Implementation, Benefits and Costs*, Victoria Transport Policy Institute, 14 November, 12 p.
- Litman, T. (2006), "Transportation Market Distortions", *Berkeley Planning Journal*, Volume 19, pp. 19-36.
- Litman, T. (2008), *Pay-As-You-Drive Pricing In British Columbia*, Victoria Transport Policy Institute, 18 November, 10 p.
- Litman, T. (2009), *Distance-Based Vehicle Insurance As A TDM Strategy*, Victoria Transport Policy Institute, 10 June, 32 p.
- Litman, T. (2010a), *The Future Isn't What It Used To Be: Changing Trends And Their Implications For Transport Planning*, 20 January, Victoria Transport Policy Institute, 45 p.
- Litman, T. (2010b), *Changing Vehicle Travel Price Sensitivities. The Rebounding Rebound Effect*, Victoria Transport Policy Institute, For Submission to the 90th Transportation Research Board Annual Meeting, Paper 11-2474, September, 16 p.
- Litman, T. (2011a), *Smart Transportation Emission Reduction Strategies, Identifying Truly Optimal Ways To Conserve Energy And Reduce Emissions*, January, Victoria Transport Policy Institute, 21 p.
- Litman, T. (2011b), *Pricing For Traffic Safety: How Efficient Transport Pricing Can Reduce Roadway Crash Risks*, Victoria Transport Policy Institute, 23 p.
- Loukopoulos, P., C. Jakobsson, T. Gärling, C. M. Schneider and S. Fujii (2005), "Public Attitudes Towards Policy Measures for Reducing Private Car Use: Evidence from a Study in Sweden", *Environmental Science and Policy*, (8) pp. 57-66.
- Macharis, C., A. De Witte, T. Steenberghen, S. Van de Walle, P. Lannoy, Pierre and C. Polain (2006), "Impact and Effectivity of "Free" Public Transport Measures: Lessons from the Case Study of Brussels", *European Transport \ Trasporti Europei*, no 32 (2006), pp. 26-48
- Maghelal, P. (2011), "Investigating the Relationships Among Rising Fuel Prices, Increased Transit Ridership, and CO<sub>2</sub> Emissions", *Transportation Research Part D*, no.16, pp. 232-235.
- Mahadi, A. and K. S. Gallagher (2009), "Fuel Prices and Consumer Preferences for Vehicles Energy Technology Innovation Policy", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2139, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 31-37.

- Manville, M. and D. Shoup (2005), "Parking, People, and Cities", *Journal of Urban Planning and Development*, December, pp. 233-245.
- Marbek Resource Consultants Ltd., Resources for the future et DesRosiers Automotive Consultants Inc. (2005), *Élaboration des options de taxation avec remise des véhicules au Canada*, Rapport pour la TRNÉE, 13 octobre, 98 p.
- Mariton, H. (2009), *Rapport d'information sur l'évaluation des effets économiques du bonus malus écologique et de la prime à la casse*, déposé par la Commission des finances, de l'économie générale et du contrôle budgétaire, Assemblée nationale, France, no. 1934, 37 p.
- Mayeres, I. and S. Proost (2002), *Reforming Transport Pricing: an Economist's Perspective on Equity, Efficiency and Acceptability*, WORKING PAPER SERIES, K. U. Leuven-CES-ETE, n°2002-12, 14 p.
- McGibany, J. M. (2004), "Gasoline Prices, State Gasoline Excise Taxes, And The Size Of Urban Areas", *Journal Of Applied Business Research*, Volume 20, Number 1, pp. 33-44.
- McManus, W. (2007), *Economic Analysis of Feebates to Reduce Greenhouse Gas Emissions from Light Vehicles for California*, University of Michigan, Transportation Research Institute, MPRA-Munich Personal RePEc Archive, May, 52 p.
- McPherson, G. R. and J. F. Weltzin (2008), "Implications of Peak Oil for Industrialized Societies", *Bulletin of Science Technology Society*, 28, pp. 187-191.
- Michaelis, L. and O. Davidson (1996), "GHG Mitigation in the Transport Sector", *Energy Policy*, no. 24 (10/11), pp. 969-984.
- Ministère des Transports du Québec [MTQ] (2006), *La politique québécoise du transport collectif*, Gouvernement du Québec, 94 p.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs [MDDEP] (2013), *Inventaire des émissions de gaz à effet de serre en 2010 et leur évolution depuis 1990*, Gouvernement du Québec, Direction des politiques de la qualité de l'atmosphère, 20 p.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2009), "Introduction Dutch Road Pricing Project". Disponible au [http://publications.piarc.org/ressources/documents/actes-seminaires09/A3-budapest0509/13\\_WortelM\\_Netherlands\\_EN.pdf](http://publications.piarc.org/ressources/documents/actes-seminaires09/A3-budapest0509/13_WortelM_Netherlands_EN.pdf)
- Montoussé, M. et I. Waquet (2009), *100 fiches de micro et macroéconomie*, Boréal, 207 p.
- Murray, S. and P. Nelson (2005), *How the Public Perceives Forestry (and Why It Matters)*, University of Washington, College of Forest Resources, Northwest Environmental Forum, 12 p.
- Musgrave, R. A. (1985), "A Brief History of Fiscal Doctrine", In *Handbook of Public Economics*, vol. 1, edited by A. J. Auerbach and M. Feldstein, Elsevier Science Publishers.
- Newman, P. (2006), "The Environmental Impact of Cities", International Institute for Environment and Development, (IIED) Vol. 18(2), *Environment and urbanization*, pp. 275-295.
- Newman, P. and J. Kenworthy (1988), "The Transport Energy Trade-off: Fuel-t Traffic versus Fuel-efficient Cities", *Transp. Res-A*, vol. 22, no 3, pp. 163-174.

Newman, P. and J. Kenworthy (1989), *Cities and Automobile Dependence, an International Sourcebook*, Angleterre, Gower Publishing Company Limited, Hants, 388 p.

Nordhaus, Ted and M. Shellenberger (2007), *Break Through, From the death of Environmentalism to the Politics of Possibility*, Houghton Mifflin Ed., 344 p.

Oberholzer-Gee, F. et H. Weck-Hannemann. (2002), "Pricing Road Use: Politico-Economic and Fairness Considerations", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 7, no. 5 (September), pp. 357-371.

Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada [OEE] (2009), *L'Enquête sur les véhicules au Canada 2007, Rapport sommaire*, Septembre, 55 p.

Organisation de coopération et de développement économique [OCDE] (2001), *Les taxes liées à l'environnement dans les pays de l'OCDE : Problèmes et stratégies*, Éditions OCDE, Paris, 156 p.

OCDE (2005), *Environmentally Harmful Subsidies. Challenges for Reform*, Paris, 159 p.

OCDE (2006 a), *L'économie politique des taxes liées à l'environnement*, Éditions OCDE, Paris, 215 p.

OCDE (2006 b), *L'impact environnemental des transports, comment le découpler de la croissance économique*, Éditions OCDE, Paris, 128 p.

OCDE (2007), *Politiques de l'environnement : quelles combinaisons d'instruments?*, Éditions OCDE, Paris, 262 p.

OCDE (2008), *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2030*, Éditions OCDE, 569 p.

OECD (2008), *Environmentally Harmful Subsidies in the Transports Sector*, 86 p.

OCDE (2010), *La fiscalité, l'innovation et l'environnement*, Éditions OCDE, Paris, 276 p.

Ozawa, C. P., Editor (2004), *The Portland Edge*, Island Press, 344 p.

Parry, I. W. H. and A. Bento (2001), "Revenue Recycling and the Welfare Effects of Road Pricing", *Scand. J. of Econ.* 103 (4), pp. 645-671.

Parry, I. W. H. and K. A. Small (2004), *Does Britain or the United States Have the Right Gasoline Tax?*, Discussion Paper 02-12 rev. Resources for the Future, 57 p.

Parry, I. W. H. (2005), *Is Pay-As-You-Drive Insurance a Better Way to Reduce Gasoline than Gasoline Taxes?*, Resources for the Future, RFF DP 05-15, 21 p..

Parry, I. W. H. and K. A. Small (2007), *Should Urban Transit Subsidies Be Reduced?*, Discussion Paper 02-12 rev. Resources for the Future, 47 p.

Perron, B., J.-G. Vaillancourt et C. Durand (1999), « Les leaders de groupes verts et leur rapport aux institutions », *Recherches sociographiques*, vol. XL, no 3, pp. 521-549. Québec: Les Presses de l'Université Laval.

Pigou, A. (1920, 1950 pour la 4<sup>e</sup> édition), *The Economics of Welfare*, London, McMillan and Co., Ltd, 837 p., cité par Santos et Rojey (2004) et par Lindsey (2006).



- Pillet (1992), « Mettre un prix sur ce qui n'a pas de prix », *Écodécision*, pp. 40-42.
- Pock, M. (2010), "Gasoline Demand in Europe: New Insights", *Energy Economics*, 32, pp. 54-62.
- Powe, N.A., G.D. Garrod and P. L. McMahon (2005), "Mixing Methods within Stated Preference Environmental Valuation: Choice Experiments and Post-Questionnaire Qualitative Analysis", *Ecological Economics*, 52, pp. 513 – 526.
- Poudenx, P. (2008), "The Effect of Transportation Policies on Energy Consumption and Greenhouse Gas Emission from Urban Passenger Transportation", *Transportation Research Part A*, 42, pp. 901-909.
- Prades, J., R. Loulou et J.-P. Waaub, (1998), *Stratégies de gestion des gaz à effet de serre. Le cas des transports urbains*, Presses de l'Université du Québec, Montréal, Québec, Canada, 277 p.
- Proost, S. and K. Van Dender (2000), "Parking Policies and Road Pricing", *Urban Studies*, vol. 37, no. 1, pp. 63-76.
- Proost, S. and K. Van Dender (2001), "The Welfare Impacts of Alternative Policies to Address Atmospheric Pollution in Urban Road Transport", *Regional Science and Urban Economics*, Volume 31, No 4, pp. 383-411.
- Proost, S. and K. Van Dender (2008), "Optimal Urban Transport Pricing in the Presence of Congestion, Economies of Density and Costly Public Funds", *Transportation Research Part A*, 42, pp. 1220-1230.
- Prud'homme, R. et P. Kopp (2007), « Le péage de Stockholm : évaluation et enseignements », *Revue Transports*, mai-juin, 443, pp. 346-359.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement [PNUE] (2011), *Vers une économie verte : Pour un développement durable et une éradication de la pauvreté – Synthèse à l'intention des décideurs*, 52 p : [www.unep.org/greeneconomy](http://www.unep.org/greeneconomy).
- Quddus, M. A., A. Carmel and M. G. H. Bell (2007), "The Impact of the Congestion Charge on Retail: The London Experience", *J. of Transport Econ. And Policy*, Vol. 41, Part 1, January, pp. 113-133.
- Reconnecting America (2007) *Realizing the Potential: Expanding Housing Opportunities Near Transit, Executive Summary*, Reconnecting America's Center for Transit Oriented Development [www.reconnectingamerica.org](http://www.reconnectingamerica.org), 17 p.
- Revenu Québec (2011), *Guide des avantages imposables 2011*, 52 p. (Section 8.25 Stationnement fourni ou remboursé par l'employeur : <http://www.revenuquebec.ca/fr/sepf/publications/in/in-253.aspx>)
- Rietveld, P. (2006), "Pricing in Transport; A Multimodal Perspective. An introduction", *European Transport \ Trasporti Europei*, no 32, pp. 1-4.
- Romero-Jordán, D., P. del Río, M. Jorge-García, M. Burguillo (2010), "Price and Income Elasticities of Demand for Passenger Transport Fuels in Spain", *Energy Policy*, Vol. 38, pp. 3898-3909.



- Rommerskirchen, S., M. Drewitz, L. Ickert and S. Rikus (2010), *Internalisation of External Costs, Final Report*, for EU, 305 p.
- Ross, D. (2010), « Le *partnering*, une méthode de prévention des conflits dans le cadre des projets urbains », *Urbanité*, hiver, pp. 32-33.
- Rouwendaal, Jan et Erik T. Verhoef (2006), "Basic Economic Principles of Road Pricing: From Theory to Applications", *Transport Policy*, 13, pp. 106-114.
- Rubin, J. (2009), *Why Your World is About to Get a Whole Lot Smaller*, Canada, Random House Canada, 286 p.
- Ryan, M. (2004), "A Comparison of Stated Preference Methods for Estimating Monetary Values", *Health Econ.* 13, pp. 291-296.
- Sainteny G. (2010), « L'écofiscalité comme outil de politique publique », *Revue française d'administration publique*, 2010/2 n° 134, p. 351-372. DOI : 10.3917/rfap.134.0351.
- Salomon, I., E. Feitelson, G. Cohen, R. Moeckel, K. Spiekermann and M. Wegener (2002), *Sustainable Mobility in Cities : Qualitative and Quantitative Analysis*, Final Report to the German-Israeli Foundation for the Advancement of Science (G.I.F.), Dortmund, September, Institut für Raumplanung, Fakultät Raumplanung, Universität Dortmund.
- Salverda W., editor (2011), *Inequalities' Impacts. GINI State of the Art Review 1*, 193 p. [www.gini-research.org](http://www.gini-research.org).
- Santos, G. & L. Rojey (2006), "Road Pricing. Lessons from London", *Economic Policy*, April, pp. 263-310.
- Santos, G., H. Behrendt, L. Maconi, T. Shirvani and A. Teytelboym (2010a), "Part I: Externalities and Economic Policies in Road Transport", *Research in Transportation Economics*, 28, pp. 2-45.
- Santos, G., H. Behrendt, A. Teytelboym (2010b), "Part II: Policy Instruments for Sustainable Road Transport", *Research in Transportation Economics*, 28, pp. 46-91.
- Schade, J. and B. Schlag (2003), "Acceptability of Urban Transport Pricing Strategies", *Transportation Research Part F*, 6, pp. 45-61.
- Schade, J. and M. Baum (2007), "Reactance or Acceptance? Reactions Towards the Introduction of Road Pricing", *Transportation Research Part A*, 41, pp. 41-48.
- Schipper, L., C. Marie-Lilliu and R. Gorham (2000), *Flexing the Link between Transport and Greenhouse Gas Emissions, A path for the World Bank*, International Energy Agency, Paris, 54 p.
- Schöller-Schwedes, O. (2010), "The Failure of Integrated Transport Policy in Germany: A Historical Perspective", *Journal of Transport Geography*, 18, pp. 85-96.
- Seabright, P. (2007), « Le péage urbain de Londres : des leçons pour la France ? », pp. 219-227 dans Didier, M. et R. Prud'homme (2007), *Infrastructures de transport, mobilité et croissance*, La Documentation française, Paris, 242 p.
- Shafiee, S. and E. Topal (2009), "When Will Fossil Fuel Reserves Be Diminished?", *Energy Policy*, 37, pp. 181-189.

- Shindler, B., M. W. Brunson and K. A. Cheek (2004), "Social Acceptability in Forest and Range Management", 17 p., Published as Chapter 14 in M. Manfredo, J. Vaske, B. Bruyere, D. Field, and P. Brown (eds.), *Society and Natural Resources: A Summary of Knowledge* (2004), Modern Litho Press, Jefferson, MO.
- Shoup, D. (1997), "Evaluating the Effects of Employer-Paid Cashing Out Parking: Eight Case Studies", *Transport Policy*, Vol. 4, No. 4, pp. 201-216.
- Shoup, D. (2005), *The High Cost of Free Parking*, American Planning Association (APA) Press, 734 p.
- Simon, H. A. (1959), "Theories of Decision-Making in Economics and Behavioral Science", *The American Economic Review*, Vol. 49, No. 3, (Jun.), pp. 253-283.
- Small, K. A. (2004), "Road Pricing and Public Transport", chapter 6 of Santos, G., *Road Pricing: Theory and Evidence, Research in Transportation Economics*, Volume 9, pp. 133-158.
- Small, K. A. (2005), "Fundamentals of Economic Demand Modeling : Lessons from Travel Demand Analysis", Forthcoming as Chapter 9 of : *Decision-Based Design : Making Effective Decisions in Product and Systems Design*, Chen, W., K. Lewis, and L. C. Schmidt, editors, ASME Press.
- Small, K. A., C. Winston and J. Yan (2006), "Differentiated Road Pricing, express lanes, and carpools exploiting heterogeneous preferences in policy design", Forthcoming, *Brookings-Wharton Papers on Urban Affairs*.
- Small, K. A. and K. Van Dender (2007a), "Fuel Efficiency and Motor Vehicle Travel: The Declining Rebound Effect", *Energy Journal*, vol. 28, no 1, pp. 25-51.
- Small, K. A. and K. Van Dender (2007b), *Long Run Trends in Transport Demand, Fuel Price Elasticities and Implications of the Oil Outlook for Transport Policy*, Discussion Paper No. 2007-16, OECD-ITF Joint Transport Research Center, December, 38 p.
- Small, K. A. and E. T. Verhoef (2007), *The Economics of Urban Transportation*, Routledge, 276 p.
- Speck, S. (2007), *Resource Productivity, Environmental Tax Reform and Sustainable Growth in Europe. Differences in ETR Between CEEC and Germany / UK*, Working paper, 27 p.
- Stankey, G. H. (1996), "The Social Acceptability of Forest Management Practices and Conditions: Integrating Science and Social Choice", [Electronic version], In M.W. Brunson, L.E. Kruger, C.B. Tyler and S. A. Schroeder (Eds.), *Defining Social Acceptability in Ecosystem Management: A Workshop Proceedings* (pp. 99-111), Portland, OR, USDA Forest Service Pacific Northwest.
- Statistique Canada (2006), *Recensement 2006, Census Metropolitan Area -Région métropolitaine de recensement (CMA-RMR), Fichier des particuliers: 95M0028XVB, Fichier de microdonnées à grande diffusion (FMGD)*.
- Steel, B. S. and E. Weber (2001), "Ecosystem Management, Decentralization, and Public Opinion", *Global Environmental Change*, 11, pp. 119-131.

- Steg, L. (2003), "Factors Influencing the Acceptability and Effectiveness of Transport Pricing", in Schade, J. and B. Schlag Editors (2003), *Acceptability of Transport Pricing Strategies*, Elsevier, pp.187-202.
- Steg, L. and R. Gifford (2005), "Sustainable Transportation and Quality of Life", *Journal of Transport Geography*, 13, pp. 59-69.
- Sterner, T. (2007), "Fuel taxes: An Important Instrument for Climate Policy", *Energy Policy*, 35, pp. 3194-3202.
- Surface Transportation Policy Project (2003), *Transportation Costs and the American Dream*, 5 p.
- Swyngedouw, M. et A. Depickere (2007), « Expliquer les succès électoraux de l'extrême droite. La « formule gagnante » de Kitschelt au banc d'essai des élections flamandes de 1999 », *Revue française de science politique*, 2, Volume 57, pp.187-208.
- Talvitie, A. (2006), "Experiential Incrementalism: On the Theory and Technique to Implement Transport Plans and Policies", *Transportation*, (33), pp. 83-110.
- Tanguay, G. A., P. Lanoie and J. Moreau (2004), "Environmental Policy, Public Interest and Political Market", *Public Choice*, 120, pp. 1-27.
- Tapio, P. (2005), "Towards a Theory of Decoupling: Degrees of Decoupling in the EU and the Case of Road Traffic in Finland Between 1970 and 2001", *Transport Policy*, 12, pp. 137-151.
- Teissier, O. et L. Meunier (2010), « Une évaluation du bonus malus automobile écologique », *le point sur*, Commissariat général au développement durable, France – CGDD, no. 53, mai, pp. 1-4.
- Terra, S. (2005), *Guides de bonnes pratiques pour la mise en oeuvre de la méthode d'évaluation contingente*, Série Méthode, 05-M04, Direction des études économiques de l'évaluation environnementale, ministère de l'Écologie et du Développement durable, République française, 83 pages.
- Tietenberg, T. (2007), *Environmental, Economics and Politics*, 5<sup>ème</sup> édition, Pearson Education, ISBN 0-321-34890-7, 538 p.
- Tretvik, T. (2003), "Urban Road Pricing in Norway: Public Acceptability and Travel Behaviour", in SCHADE, J. and B. SCHLAG Editors (2003), *Acceptability of Transport Pricing Strategies*, Elsevier.
- Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie [TRNÉE] (2002), *Les instruments économiques au service de la réduction à long terme des émissions de carbone d'origine énergétique*, ISBN 1-894737-33-4, 58 p. Publ. aussi en anglais sous le titre *The state of the debate on the environment and the economy : economic instruments for long-term reductions in energy-based carbon emissions*.
- Transit (2011), *Mémoire à la Communauté métropolitaine de Montréal, Dans le cadre des consultations publiques sur le plan métropolitain d'aménagement et de développement*, Alliance pour le financement des transports collectifs au Québec, 16 p.

- Turcksin, L., O. Mairesse, C. Macharis and J. Van Mierlo, (2013), "Encouraging Environmentally Friendlier Cars via Fiscal Measures: General Methodology and Application to Belgium", *Energies*, 6, 471-491; doi:10.3390/en6010471.
- Ubbels, B. and E. Verhoef (2006), "Acceptability of Road Pricing and Revenue Use in the Netherlands", *European Transport \ Trasporti Europei*, No 32, pp. 69-94.
- Unruh, G. C. (2000), "Understanding Carbon Lock-in", *Energy Policy*, Vol. 28, pp. 817-830.
- Vance, C. and R. Hedel (2007), "The Impact of Urban Form on Automobile Travel: Disentangling Causation from Correlation", *Transportation*, 34, pp. 575-588.
- Van Dender, K. (2009), "Energy Policy in Transport and Transport Policy", *Energy Policy*, 37, pp. 3854-3862.
- Van Goeverden, C., P. Rietveld, J. Koelemeijer and P. Peeters (2006), "Subsidies in Public Transport", *European Transport \ Trasporti Europei*, No 32, pp 5-25.
- Varian, H. R. (1992), *Microeconomic Analysis, Third Edition*, Norton, 548 p.
- Verhoef, E., P. Nijkamp and P. Rietveld (1995), "Second-Best Regulation of Road Transport Externalities", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 29, No. 2, May, pp. 147-167.
- Vermeulen, B., P. Goos and M. Vandebroek (2007), *Models and Optimal Designs for Conjoint Choice Experiments Including a No-Choice Option*, DEPARTMENT OF DECISION SCIENCES AND INFORMATION MANAGEMENT (KBI), Faculty of Economics and Applied Economics, Katholieke Universiteit Leuven.
- Vickrey, W. (1968), "Automobile Accidents, Tort Law, Externalities and Insurance: An Economist's Critique", 33, *Law and Contemporary Problems*, pp. 464-470.
- Ville de Montréal (2008), *Plan de transport*, 224 p.
- Wassmer, R.W. (2008), "Causes of Urban Sprawl in the United States: Auto Reliance as Compared to Natural Evolution, Flight from Blight, and Local Revenue Reliance", *Journal of Policy Analysis and Management*, vol. 27, pp. 536-555.
- Wadud, Z., D. J. Graham and R. B. Noland (2009), "Modelling fuel demand for different socio-economic groups", *Applied Energy*, 86, pp. 2740-2749.
- Weinberger, R. and F. Goetzke (2010), "Unpacking Preference: How Previous Experience Affects Auto Ownership in the United States", *Urban Studies*, Vol. 47, No. 10, September, pp. 2111-2128.
- Weinberger, R., J. Kaehny and M. Rufo (2010), *U.S. Parking Policies: An Overview of Management Strategies*, Institute for Transportation and Development Policy, 40 p.
- Wenzel, T. (1995), *Analysis of National Pay-As-You-Drive Insurance Systems and Other Variable Driving Charges*, Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, Energy et Environment Division, 64 p.
- West, S. (2008), *The Effect of Gasoline Prices on the Demand for Sport Utility Vehicles*, Working Paper, Macalester College.



Wieland, B., T. Seidel, A. Matthes, B. Schlag and J. Schade (2003), *Towards a "Psycho-Economical" Model of Political Acceptability in Transport Policy*, Contract No: GMA2/2001/52043 S07.15419, Transport Institutions in the Policy Process, Project Coordinator: Strafica Ltd, Finland, Funded by the European Commission, 5th Framework Programme – DGTREN.

Wieland, B.; T. Seidel, A. Matthes and B. Schlag (2004), *Transport Policy, Acceptance and the Media*, Diskussionsbeiträge aus dem Institut für Wirtschaft und Verkehr, No. 2/2004, 32 p. <http://hdl.handle.net/10419/22699>

Wilson, R. W. and D. Shoup (1990), "Parking Subsidies and Travel Choices: Assessing the Evidence", *Transportation*, 17, pp. 141-157.

Wooldridge, J. (2002), *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, Cambridge, MIT Press. (Voir chapitre 10 pour une discussion plus détaillée sur MCG).

Xiongqi, P., Z. Lin, F. Lianyong, M. Qingyang, T. Xu and L. Junchen (2009), "The Evolution and Present Status of the Study on Peak Oil in China", *Pet. Sci.*, 6, pp. 217-224.

Zhang, A., A. E. Boardman, D. Gillen and W.G. Waters'II (2004), *Towards Estimating the Social and Environmental Costs of Transportation in Canada*, Centre for Transportation Studies, University of British Columbia ([www.sauder.ubc.ca/cts](http://www.sauder.ubc.ca/cts)), for Transport Canada, 460 p.



**ANNEXE A****CORRÉLATIONS ENTRE LES VARIABLES**

	ka	sa	cr	parking	pm	ta	pti
ka	1.0000						
sa	0.7773	1.0000					
cr	-0.3645	-0.2397	1.0000				
Parking	0.5065	0.6882	-0.2311	1.0000			
pm	0.1500	0.0958	-0.1796	-0.1486	1.0000		
ta	-0.6888	-0.7294	0.2590	-0.5544	-0.1045	1.0000	
pti	0.0702	0.3083	-0.1376	0.0229	-0.0313	-0.2015	1.0000
fp	0.1280	0.0998	-0.2625	-0.3350	0.3683	-0.0876	0.6083
vc	0.0060	-0.1327	-0.1432	-0.6061	0.3118	0.1481	0.1031
fc	0.1680	0.0509	-0.1336	-0.0294	0.3735	0.1272	-0.0823
ecotax	0.0362	-0.2288	-0.1783	-0.3073	0.2495	0.0631	-0.0627
oil	-0.1987	-0.1299	0.0757	-0.0943	0.1418	0.1847	0.3151
pvi	-0.0307	0.0994	-0.0313	0.1934	0.1020	-0.0810	0.2201
tnv_13k	-0.2716	-0.5555	-0.1137	-0.2738	-0.0696	0.6447	-0.0769
tnv_97k	-0.0713	-0.2499	-0.1548	-0.1259	0.1001	0.0891	0.1218
var_tnv	-0.0327	-0.1564	-0.1477	0.0835	0.1188	-0.0279	0.1454
cc	0.4447	0.7275	0.3425	0.7511	-0.2665	-0.4492	0.0707
rghgpc	0.5105	0.6532	0.2413	0.7104	-0.0201	-0.4432	0.0921
urban	0.4138	0.4090	-0.0193	0.2611	0.1616	-0.2210	0.1554
unemployment	-0.2345	-0.2478	-0.1442	0.0410	-0.2837	0.1425	-0.0459
gdppc	0.6737	0.6808	-0.1584	0.3259	0.3878	-0.4151	0.1448
gini	-0.1138	-0.0250	0.3234	0.4768	-0.2720	0.0190	0.0426
edu	0.2625	0.5457	-0.3194	0.3367	0.0293	-0.4062	0.2725
	fp	vc	fc	ecotax	oil	pvi	tnv_13k
fp	1.0000						
vc	0.4872	1.0000					
fc	0.0739	0.0603	1.0000				
ecotax	0.3235	0.1497	0.2080	1.0000			
oil	0.5351	0.2745	-0.1391	-0.0816	1.0000		
pvi	0.0306	-0.0472	0.1226	-0.1099	-0.0437	1.0000	
tnv_13k	-0.1604	0.0834	0.3667	0.6458	-0.2003	0.3259	1.0000
tnv_97k	0.3595	0.2519	0.1348	0.6113	0.1113	0.1479	0.4260
var_tnv	0.4160	0.2523	0.0611	0.6065	0.1588	0.0932	0.2563
cc	-0.3125	-0.1898	-0.0182	-0.4794	-0.0189	0.2518	-0.1832

<b>rghgpc</b>	0.0050	-0.1462	0.2983	-0.0391	-0.0729	0.0182	-0.2717
<b>urban</b>	-0.0093	-0.1120	0.3244	-0.0517	-0.1316	0.1326	0.4158
<b>unemployment</b>	-0.0754	-0.1062	-0.3305	-0.0302	-0.0990	0.1113	-0.2295
<b>gdppc</b>	0.2210	0.2543	0.5218	0.0366	-0.1371	0.0470	0.0802
<b>gini</b>	-0.2972	-0.2288	-0.3239	-0.4328	0.0770	-0.0547	0.2472
<b>edu</b>	0.1056	-0.0849	0.0641	-0.1502	-0.0001	0.2943	-0.4186

	<b>tnv_97k</b>	<b>var_tnv</b>	<b>cc</b>	<b>rghgpc</b>	<b>urban</b>	<b>unempl~t</b>	<b>gdppc</b>
<b>tnv_97k</b>	1.0000						
<b>var_tnv</b>	0.9837	1.0000					
<b>cc</b>	-0.2514	-0.2380	1.0000				
<b>rghgpc</b>	-0.1832	-0.1417	0.8567	1.0000			
<b>urban</b>	-0.0435	-0.1292	0.2695	0.3117	1.0000		
<b>unemployment</b>	-0.0892	-0.0497	-0.1660	-0.2676	-0.3228	1.0000	
<b>gdppc</b>	0.0329	0.0192	0.3888	0.6333	0.5670	-0.4926	1.0000
<b>gini</b>	-0.1462	-0.2040	0.4923	-0.0026	0.0354	-0.1231	-0.1038
<b>edu</b>	-0.1899	-0.1193	0.5416	0.4735	0.2395	-0.1035	0.2822

	<b>gini</b>	<b>edu</b>
<b>gini</b>	1.0000	
<b>edu</b>	-0.3173	1.0000

**ANNEXE B****PRINCIPALES COMMANDES STATA UTILISÉES**

### Extraits des do files

\*do file JFL corrélations 25jan12

\* commandes préalables:

encode country,gen(country1)

drop country

**xtset country1 year**

\* Pour générer les tableaux de corrélation et les informations sur les variables:

pwcorr (ka sa cr\_p parking cbd pm snc pt fp vc fc ecotax\_gdp oil pvi tnv\_13k  
tnv\_97k var\_tnv\_97\_13 cc\_n rghgpc urban unemployment gdppc gini edu)

\* ou

pwcorr (ka - edu )

\*(Voir l'annexe A)

xtsum (ka - edu)

summarize (ka - edu)

\* Exemples d'abréviations utilisées dans les formules:

global X1 " ecotax\_gdp "

global X2 " urban ln\_gdppc"

global X3 " urban unemployment ln\_gdppc "

**\* Exemple 1) formule du tableau 2.3 équation 1: ln\_KA**

. \* 19jan13 2.0 Nv R2=507 584 550 2 1 sign n=662 gdp10 sa cr

. \*19jan13 test: 0.0000 et 0.009 donc fe et TFE  $F(25,36) = 21.31$



xtreg ln\_ka ln\_sa ln\_fp ln\_cr\_p \$X2 i.year, fe robust

```

Fixed-effects (within) regression               Number of obs   =       662
Group variable: country1                       Number of groups =        37

R-sq:  within = 0.5070                         obs per group:  min =         3
        between = 0.5844                        avg =       17.9
        overall = 0.5495                        max =        21

corr(u_i, Xb) = -0.4880                       F(25,36)        =       21.31
                                                Prob > F         =       0.0000

```

(Std. Err. adjusted for 37 clusters in country1)

ln_ka	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ln_sa	.3316089	.1524946	2.17	0.036	.0223354	.6408824
ln_fp	.0052228	.0719218	0.07	0.943	-.1406413	.151087
ln_cr_p	-.718496	.2166701	-3.32	0.002	-1.157923	-.2790686
urban	-.0123678	.0099691	-1.24	0.223	-.0325861	.0078505
ln_gdppc	.8443669	.4495361	1.88	0.068	-.0673345	1.756068
year						
1991	.0495946	.0327658	1.51	0.139	-.0168575	.1160467
1992	.059336	.0329608	1.80	0.080	-.0075117	.1261836
1993	.0729053	.0345675	2.11	0.042	.0027992	.1430114
1994	.0492584	.0352014	1.40	0.170	-.0221333	.1206502
1995	-.004883	.0395505	-0.12	0.902	-.0850952	.0753292
1996	.0064221	.041307	0.16	0.877	-.0773524	.0901966
1997	-.0055807	.0523562	-0.11	0.916	-.111764	.1006027
1998	-.0402755	.0736287	-0.55	0.588	-.1896014	.1090505
1999	-.0722167	.0982924	-0.73	0.467	-.2715629	.1271295
2000	-.1317102	.1130874	-1.16	0.252	-.361062	.0976415
2001	-.1237724	.120791	-1.02	0.312	-.368748	.1212032
2002	-.0858191	.0936403	-0.92	0.366	-.2757303	.1040921
2003	-.1019281	.0992124	-1.03	0.311	-.3031402	.0992841
2004	-.1365814	.1081929	-1.26	0.215	-.3560068	.082844
2005	-.1848014	.1231477	-1.50	0.142	-.4345566	.0649538
2006	-.2206724	.1371517	-1.61	0.116	-.4988289	.0574842
2007	-.2404479	.1472092	-1.63	0.111	-.5390021	.0581062
2008	-.2628601	.1450916	-1.81	0.078	-.5571196	.0313993
2009	-.2244766	.1408738	-1.59	0.120	-.5101819	.0612288
2010	-.2816758	.1656537	-1.70	0.098	-.6176371	.0542855
_cons	2.686294	3.467537	0.77	0.444	-4.346197	9.718786
sigma_u	.60076333					
sigma_e	.18115497					
rho	.91665148	(fraction of variance due to u_i)				

\*Commandes pour conserver les résultats en mémoire pour générer les tableaux de résultats :

eststo model2

outreg2 using results, word

. xtreg ln\_ka ln\_sa ln\_fp ln\_cr\_p \$X2 , fe

Fixed-effects (within) regression	Number of obs	=	662
Group variable: country1	Number of groups	=	37
R-sq: within = 0.4752	Obs per group: min	=	3
between = 0.4420	avg	=	17.9
overall = 0.4324	max	=	21
corr(u_i, xb) = -0.2226	F(5,620)	=	112.30
	Prob > F	=	0.0000

ln_ka	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ln_sa	.2847398	.0854386	3.33	0.001	.1169558	.4525239
ln_fp	-.1164834	.0356932	-3.26	0.001	-.1865776	-.0463892
ln_cr_p	-.7495589	.0471809	-15.89	0.000	-.8422126	-.6569051
urban	-.0275663	.0048576	-5.67	0.000	-.0371057	-.0180269
ln_gdppc	.5846418	.0894648	6.53	0.000	.408951	.7603325
_cons	6.980808	.6959146	10.03	0.000	5.614172	8.347443
sigma_u	.65520216					
sigma_e	.18386618					
rho	.92699845	(fraction of variance due to u_i)				

F test that all u\_i=0: F(36, 620) = 101.59 Prob > F = 0.0000

. estimates store fixed

. xtreg ln\_ka ln\_sa ln\_fp ln\_cr\_p \$X2 , re

Random-effects GLS regression	Number of obs	=	662
Group variable: country1	Number of groups	=	37
R-sq: within = 0.4725	Obs per group: min	=	3
between = 0.5184	avg	=	17.9
overall = 0.4966	max	=	21
Random effects u_i ~ Gaussian	Wald chi2(5)	=	595.82
corr(u_i, X) = 0 (assumed)	Prob > chi2	=	0.0000

ln_ka	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
ln_sa	.325865	.080032	4.07	0.000	.1690052	.4827249
ln_fp	-.1538448	.0325797	-4.72	0.000	-.2176998	-.0899897
ln_cr_p	-.7140622	.0467187	-15.28	0.000	-.8056292	-.6224953
urban	-.0217693	.0042288	-5.15	0.000	-.0300576	-.013481
ln_gdppc	.6220767	.0750629	8.29	0.000	.4749562	.7691972
_cons	6.041867	.5632663	10.73	0.000	4.937886	7.145849
sigma_u	.51766632					
sigma_e	.18386618					
rho	.88797737	(fraction of variance due to u_i)				

. estimates store random

. hausman fixed random

	Coefficients		(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.
	(b) fixed	(B) random		
ln_sa	.2847398	.325865	-.0411252	.0299103
ln_fp	-.1164834	-.1538448	.0373614	.0145796
ln_cr_p	-.7495589	-.7140622	-.0354967	.0065879
urban	-.0275663	-.0217693	-.005797	.0023904
ln_gdppc	.5846418	.6220767	-.037435	.0486777

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg  
 B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

chi2(5) = (b-B)'[(V\_b-V\_B)^(-1)](b-B)  
 = 31.03  
 Prob>chi2 = 0.0000  
 (V\_b-V\_B is not positive definite)

\*\*\*CONCLUSION du TEST HAUSMAN : rejet de l'hypothèse nulle (que le modèle aléatoire – RE – est préférable) donc nous devons utiliser les effets fixes (FE).

\*\*\*Testing for time-fixed effects

```
. xi: xtreg ln_ka ln_sa ln_fp ln_cr_p $X2 i.year , fe
i.year      _Iyear_1990-2010      (naturally coded; _Iyear_1990 omitted)

Fixed-effects (within) regression              Number of obs   =      662
Group variable: country1                      Number of groups =      37

R-sq:  within = 0.5070                      Obs per group:  min =      3
        between = 0.5844                      avg =      17.9
        overall = 0.5495                      max =      21

corr(u_i, Xb) = -0.4880                      F(25,600)       =      24.68
                                                Prob > F        =      0.0000
```

ln_ka	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ln_sa	.3316089	.0876078	3.79	0.000	.1595538	.503664
ln_fp	.0052228	.0535175	0.10	0.922	-.0998816	.1103273
ln_cr_p	-.718496	.0477144	-15.06	0.000	-.8122036	-.6247884
urban	-.0123678	.0057437	-2.15	0.032	-.023648	-.0010875
ln_gdppc	.8443669	.1034859	8.16	0.000	.6411284	1.047605
_Iyear_1991	.0495946	.0532697	0.93	0.352	-.0550231	.1542123
_Iyear_1992	.059336	.0528422	1.12	0.262	-.0444422	.1631141
_Iyear_1993	.0729053	.0528882	1.38	0.169	-.0309631	.1767737
_Iyear_1994	.0492584	.0533806	0.92	0.356	-.0555771	.154094
_Iyear_1995	-.004883	.0524874	-0.09	0.926	-.1079644	.0981984
_Iyear_1996	.0064221	.0530346	0.12	0.904	-.097734	.1105782
_Iyear_1997	-.0055807	.0525752	-0.11	0.916	-.1088344	.0976731
_Iyear_1998	-.0402755	.0532701	-0.76	0.450	-.1448941	.0643431
_Iyear_1999	-.0722167	.0547537	-1.32	0.188	-.179749	.0353156
_Iyear_2000	-.1317102	.0559128	-2.36	0.019	-.2415188	-.0219017
_Iyear_2001	-.1237724	.0561849	-2.20	0.028	-.2341154	-.0134294
_Iyear_2002	-.0858191	.0573579	-1.50	0.135	-.1984659	.0268276
_Iyear_2003	-.1019281	.0606872	-1.68	0.094	-.2211133	.0172571
_Iyear_2004	-.1365814	.0648265	-2.11	0.036	-.2638958	-.0092669
_Iyear_2005	-.1848014	.0690576	-2.68	0.008	-.3204255	-.0491773
_Iyear_2006	-.2206724	.0725911	-3.04	0.002	-.3632358	-.0781089
_Iyear_2007	-.2404479	.0761702	-3.16	0.002	-.3900406	-.0908553
_Iyear_2008	-.2628601	.0809937	-3.25	0.001	-.4219257	-.1037946
_Iyear_2009	-.2244766	.074309	-3.02	0.003	-.3704139	-.0785392
_Iyear_2010	-.2816758	.0800318	-3.52	0.000	-.4388522	-.1244993
_cons	2.686294	1.085523	2.47	0.014	.5544076	4.818181
sigma_u	.60076333					
sigma_e	.18115497					
rho	.91665148					
(fraction of variance due to u_i)						

F test that all u\_i=0: F(36, 600) = 96.84 Prob > F = 0.0000

```
. testparm _Iyear*
```

- (1) \_Iyear\_1991 = 0
- (2) \_Iyear\_1992 = 0
- (3) \_Iyear\_1993 = 0
- (4) \_Iyear\_1994 = 0
- (5) \_Iyear\_1995 = 0
- (6) \_Iyear\_1996 = 0
- (7) \_Iyear\_1997 = 0
- (8) \_Iyear\_1998 = 0
- (9) \_Iyear\_1999 = 0
- (10) \_Iyear\_2000 = 0
- (11) \_Iyear\_2001 = 0
- (12) \_Iyear\_2002 = 0
- (13) \_Iyear\_2003 = 0
- (14) \_Iyear\_2004 = 0
- (15) \_Iyear\_2005 = 0
- (16) \_Iyear\_2006 = 0
- (17) \_Iyear\_2007 = 0
- (18) \_Iyear\_2008 = 0
- (19) \_Iyear\_2009 = 0
- (20) \_Iyear\_2010 = 0

F( 20, 600) = 1.93  
Prob > F = 0.0087

```

. ***Testing random effects: Breusch-Pagan
. xi: xtreg ln_ka ln_sa ln_fp ln_cr_p $X2 , re

Random-effects GLS regression           Number of obs   =       662
Group variable: country1                Number of groups =        37

R-sq:  within = 0.4725                   Obs per group:  min =         3
      between = 0.5184                      avg =       17.9
      overall  = 0.4966                      max =        21

Random effects u_i ~ Gaussian           Wald chi2(5)     =     595.82
corr(u_i, X) = 0 (assumed)              Prob > chi2      =     0.0000

```

ln_ka	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
ln_sa	.325865	.080032	4.07	0.000	.1690052	.4827249
ln_fp	-.1538448	.0325797	-4.72	0.000	-.2176998	-.0899897
ln_cr_p	-.7140622	.0467187	-15.28	0.000	-.8056292	-.6224953
urban	-.0217693	.0042288	-5.15	0.000	-.0300576	-.013481
ln_gdppc	.6220767	.0750629	8.29	0.000	.4749562	.7691972
_cons	6.041867	.5632663	10.73	0.000	4.937886	7.145849
sigma_u	.51766632					
sigma_e	.18386618					
rho	.88797737	(fraction of variance due to u_i)				

```
. xttest0
```

Breusch and Pagan Lagrangian multiplier test for random effects

```
ln_ka[country1,t] = Xb + u[country1] + e[country1,t]
```

Estimated results:

	Var	sd = sqrt(Var)
ln_ka	.5692736	.7545022
e	.0338068	.1838662
u	.2679784	.5176663

Test: Var(u) = 0

```

      chi2(1) = 2754.38
Prob > chi2 = 0.0000

```

- Ici nous devons rejeter l'hypothèse nulle que les coefficients *years* sont égaux. Donc nous devons inclure des effets fixes pour la variable *years* (années). (We have time fixe effects).

\*\*\*Testing random effects: Breusch-Pagan : l'hypothèse nulle est que la variance entre les entités égale zéro. Le cas échéant, cela signifie qu'il n'y a pas de différences significatives entre les unités (pas d'effet de panel). En cas de rejet de l'hypothèse nulle ( $\text{Prob} > \chi^2 \geq 0.050$ ), nous devons conclure que l'utilisation d'effets aléatoire n'est pas approprié et qu'une simple régression avec moindres carrés ordinaires (OLS). Ici nous avons échoué à rejeter celle-ci.



. \*\*\*Testing random effects: Breusch-Pagan  
 . xi: xtreg ln\_ka ln\_sa ln\_fp ln\_cr\_p \$X2 , re

Random-effects GLS regression  
 Group variable: country1

Number of obs = 662  
 Number of groups = 37

R-sq: within = 0.4725  
 between = 0.5184  
 overall = 0.4966

obs per group: min = 3  
 avg = 17.9  
 max = 21

Random effects u\_i ~ Gaussian  
 corr(u\_i, X) = 0 (assumed)

wald chi2(5) = 595.82  
 Prob > chi2 = 0.0000

ln_ka	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
ln_sa	.325865	.080032	4.07	0.000	.1690052	.4827249
ln_fp	-.1538448	.0325797	-4.72	0.000	-.2176998	-.0899897
ln_cr_p	-.7140622	.0467187	-15.28	0.000	-.8056292	-.6224953
urban	-.0217693	.0042288	-5.15	0.000	-.0300576	-.013481
ln_gdppc	.6220767	.0750629	8.29	0.000	.4749562	.7691972
_cons	6.041867	.5632663	10.73	0.000	4.937886	7.145849
sigma_u	.51766632					
sigma_e	.18386618					
rho	.88797737	(fraction of variance due to u_i)				

. xttest0

Breusch and Pagan Lagrangian multiplier test for random effects

ln\_ka[country1,t] = Xb + u[country1] + e[country1,t]

Estimated results:

	Var	sd = sqrt(Var)
ln_ka	.5692736	.7545022
e	.0338068	.1838662
u	.2679784	.5176663

Test: Var(u) = 0

chi2(1) = 2754.38  
 Prob > chi2 = 0.0000

```
. ***Testing random effects: Breusch-Pagan
. xi: xtreg ln_ka ln_sa ln_fp ln_cr_p $X2 , re
```

```
Random-effects GLS regression           Number of obs   =       662
Group variable: country1                Number of groups  =        37

R-sq:  within = 0.4725                   Obs per group: min =         3
      between = 0.5184                                     avg  =       17.9
      overall  = 0.4966                                     max  =        21

Random effects u_i ~ Gaussian           Wald chi2(5)      =       595.82
corr(u_i, X) = 0 (assumed)             Prob > chi2      =       0.0000
```

	ln_ka	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
	ln_sa	.325865	.080032	4.07	0.000	.1690052	.4827249
	ln_fp	-.1538448	.0325797	-4.72	0.000	-.2176998	-.0899897
	ln_cr_p	-.7140622	.0467187	-15.28	0.000	-.8056292	-.6224953
	urban	-.0217693	.0042288	-5.15	0.000	-.0300576	-.013481
	ln_gdppc	.6220767	.0750629	8.29	0.000	.4749562	.7691972
	_cons	6.041867	.5632663	10.73	0.000	4.937886	7.145849
	sigma_u	.51766632					
	sigma_e	.18386618					
	rho	.88797737	(fraction of variance due to u_i)				

```
. xttest0
```

Breusch and Pagan Lagrangian multiplier test for random effects

```
ln_ka[country1,t] = Xb + u[country1] + e[country1,t]
```

Estimated results:

	Var	sd = sqrt(Var)
ln_ka	.5692736	.7545022
e	.0338068	.1838662
u	.2679784	.5176663

Test: Var(u) = 0

```
chi2(1) = 2754.38
Prob > chi2 = 0.0000
```

\*\*\*here we reject the null (0.00) and conclude that OLS is not appropriate.

\* Finalement un dernier test pour détecter la présence d'hétéroscédasticité. L'hypothèse nulle est qu'il y a homoscedasticité (ou que les variances sont constantes). Si  $\text{Prob} > \chi^2 \geq 0.050$  nous devons la rejeter.

```
xi: xtreg ln_ka ln_sa ln_fp ln_cr_p $X2 , fe
```

```
xttest3
```

. \* Finalement un dernier test pour détecter la présence d'hétéroscédasticité  
 . x1: xtreg ln\_ka ln\_sa ln\_fp ln\_cr\_p \$X2 , fe

Fixed-effects (within) regression  
 Group variable: country1

Number of obs	=	662
Number of groups	=	37

R-sq: within	=	0.4752
between	=	0.4420
overall	=	0.4324

Obs per group: min	=	3
avg	=	17.9
max	=	21

corr(u_i, Xb)	=	-0.2226
F(5, 620)	=	112.30
Prob > F	=	0.0000

ln_ka	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ln_sa	.2847398	.0854386	3.33	0.001	.1169558	.4525239
ln_fp	-.1164834	.0356932	-3.26	0.001	-.1865776	-.0463892
ln_cr_p	-.7495589	.0471809	-15.89	0.000	-.8422126	-.6569051
urban	-.0275663	.0048576	-5.67	0.000	-.0371057	-.0180269
ln_gdppc	.5846418	.0894648	6.53	0.000	.408951	.7603325
_cons	6.980808	.6959146	10.03	0.000	5.614172	8.347443
sigma_u	.65520216					
sigma_e	.18386618					
rho	.92699845	(fraction of variance due to u_i)				

F test that all u\_i=0: F(36, 620) = 101.59 Prob > F = 0.0000

. xttest3

Modified Wald test for groupwise heteroskedasticity  
 in fixed effect regression model

H0:  $\sigma^2_i = \sigma^2$  for all i

chi2 (37) = 2.7e+05  
 Prob>chi2 = 0.0000

\*\*\*Présence d'hétéroscédasticité

\*\* Lorsque c'est possible (c'est le cas ici) nous ajoutons l'option *robust*.

- Exemple avec 2SLS (two stage least square): tableau 2.3, equation 6.

. \*17jan13 7.0 ln\_ka 2SLS R2=0.393 787 2 1 sign n=195  
 . \*17jan13 tests: 0,0000 fe et 0.397 pas TFE Wald chi2(8) = 1.54e+07  
 . xtivreg ln\_ka ln\_fp ln\_cr\_p \$X2 ln\_cc ln\_fc ecotax\_gdp (l1.ln\_ka = l2.ln\_ka l3.ln\_ka), fe

Fixed-effects (within) IV regression  
 Group variable: country1

Number of obs = 195  
 Number of groups = 18

R-sq: within = 0.3931  
 between = 0.7865  
 overall = 0.7847

Obs per group: min = 4  
 avg = 10.8  
 max = 13

corr(u\_i, Xb) = 0.5497

Wald chi2(8) = 1.73e+07  
 Prob > chi2 = 0.0000

ln_ka	Coef.	std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
ln_ka L1.	.5191645	.1038498	5.00	0.000	.3156226	.7227064
ln_fp	.0071772	.0139517	0.51	0.607	-.0201677	.0345221
ln_cr_p	.0619445	.0572754	1.08	0.279	-.0503132	.1742022
urban	-.0027744	.0028746	-0.97	0.334	-.0084086	.0028598
ln_gdppc	.1095542	.0675793	1.62	0.105	-.0228989	.2420073
ln_cc_n	-.02221	.0958529	-0.23	0.817	-.2100782	.1656582
ln_fc	.0204001	.0116218	1.76	0.079	-.0023782	.0431783
ecotax_gdp	.0429022	.0157443	2.72	0.006	.0120439	.0737606
_cons	3.522598	1.224014	2.88	0.004	1.123575	5.92162
sigma_u	.12575395					
sigma_e	.0318557					
rho	.93969961	(fraction of variance due to u_i)				

F test that all u\_i=0: F(17,169) = 2.21 Prob > F = 0.0055

Instrumented: L.ln\_ka  
 Instruments: ln\_fp ln\_cr\_p urban ln\_gdppc ln\_cc\_n ln\_fc ecotax\_gdp L2.ln\_ka L3.ln\_ka

eststo model7

outreg2 using results, word

\*test d'Hausman avec 2SLS

xtreg ln\_ka ln\_fp ln\_cr\_p \$X2 ln\_cc ln\_fc ecotax\_gdp, fe

estimates store Haus\_TSLS\_eq4

xtivreg ln\_ka ln\_fp ln\_cr\_p \$X2 ln\_cc ln\_fc ecotax\_gdp (l1.ln\_ka = l2.ln\_ka l3.ln\_ka), fe

hausman . Haus\_TSLS\_eq4

```
. xtreg ln_ka ln_fp ln_cr_p $X2 ln_cc ln_fc ecotax_gdp , fe
```

```
Fixed-effects (within) regression      Number of obs   =      195
Group variable: country1               Number of groups =      18

R-sq:  within = 0.2203                  obs per group: min =      4
      between = 0.0145                  avg           =     10.8
      overall  = 0.0066                  max           =     13

corr(u_i, Xb) = -0.5193                  F(7,170)         =      6.86
                                      Prob > F           =     0.0000
```

ln_ka	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ln_fp	.0180701	.0155735	1.16	0.248	-.0126723	.0488125
ln_cr_p	.1191051	.0634247	1.88	0.062	-.0060962	.2443064
urban	-.0080726	.0030198	-2.67	0.008	-.0140338	-.0021115
ln_gdppc	.2507915	.069378	3.61	0.000	.1138381	.3877449
ln_cc_n	-.1567247	.1039688	-1.51	0.134	-.3619609	.0485114
ln_fc	.029893	.0129574	2.31	0.022	.0043149	.0554711
ecotax_gdp	.0486982	.0177445	2.74	0.007	.0136702	.0837262
_cons	8.241871	.8805131	9.36	0.000	6.503724	9.980019
sigma_u	.27497565					
sigma_e	.03600048					
rho	.98314817	(fraction of variance due to u_i)				

```
F test that all u_i=0:      F(17, 170) =    170.67      Prob > F = 0.0000
```

```
. estimates store Haus_TSLS_eq4
```

```
. xtivreg ln_ka ln_fp ln_cr_p $X2 ln_cc ln_fc ecotax_gdp (l.ln_ka = l2.ln_ka l3.ln_ka) , fe
```

```
Fixed-effects (within) IV regression      Number of obs   =      195
Group variable: country1               Number of groups =      18

R-sq:  within = 0.3931                  obs per group: min =      4
      between = 0.7865                  avg           =     10.8
      overall  = 0.7847                  max           =     13

corr(u_i, Xb) = 0.5497                  wald chi2(8)     =     1.73e+07
                                      Prob > chi2        =     0.0000
```

ln_ka	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
ln_ka L1.	.5191645	.1038498	5.00	0.000	.3156226	.7227064
ln_fp	.0071772	.0139517	0.51	0.607	-.0201677	.0345221
ln_cr_p	.0619445	.0572754	1.08	0.279	-.0503132	.1742022
urban	-.0027744	.0028746	-0.97	0.334	-.0084086	.0028598
ln_gdppc	.1095542	.0675793	1.62	0.105	-.0228989	.2420073
ln_cc_n	-.02221	.0958529	-0.23	0.817	-.2100782	.1656582
ln_fc	.0204001	.0116218	1.76	0.079	-.0023782	.0431783
ecotax_gdp	.0429022	.0157443	2.72	0.006	.0120439	.0737606
_cons	3.522598	1.224014	2.88	0.004	1.123575	5.92162
sigma_u	.12575395					
sigma_e	.0318557					
rho	.93969961	(fraction of variance due to u_i)				

```
F test that all u_i=0:      F(17,169) =      2.21      Prob > F = 0.0055
```

```
Instrumented:      L.ln_ka
```

```
Instruments:      ln_fp ln_cr_p urban ln_gdppc ln_cc_n ln_fc ecotax_gdp L2.ln_ka L3.ln_ka
```

```
. hausman . Haus_TSLS_eq4
```



	Coefficients		(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.
	(b) .	(B) Haus_TSLs_~4		
ln_fp	.0071772	.0180701	-.0108929	.
ln_cr_p	.0619445	.1191051	-.0571606	.
urban	-.0027744	-.0080726	.0052982	.
ln_gdppc	.1095542	.2507915	-.1412373	.
ln_cc_n	-.02221	-.1567247	.1345147	.
ln_fc	.0204001	.029893	-.009493	.
ecotax_gdp	.0429022	.0486982	-.005796	.

b = consistent under  $H_0$  and  $H_a$ ; obtained from xtivreg  
 B = inconsistent under  $H_a$ , efficient under  $H_0$ ; obtained from xtreg

Test:  $H_0$ : difference in coefficients not systematic

chi2(7) = (b-B)'[(V\_b-V\_B)^(-1)](b-B)  
 = 43.42  
 Prob>chi2 = 0.0000  
 (V\_b-V\_B is not positive definite)

\* Nous devons donc prendre FE (effets fixes) dans le cas présent.

**ANNEXE C****SOURCES DES DONNÉES**

Description des variables	Abréviations	Sources des données	Traitement des données
Émissions de GES du secteur routier par habitant	<i>RGHGPC</i>	GHG emissions from road transportation: UNFCCC; Eurostat • Total population: World Development Indicators, The World Bank.  European Environment Agency (2011), Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2009 and inventory report 2011, Submission to the UNFCCC Secretariat, EEA Technical report No 2/2011, ISSN 1725-2237, 22 p. <a href="http://www.internationaltransportforum.org/statistics/CO2/index.html">http://www.internationaltransportforum.org/statistics/CO2/index.html</a>	Émissions de GES du secteur routier divisées par la population.
Taux de possession de véhicules pour 100 adultes*	<i>SA</i>	Banque mondiale et Eurostat (stock de véhicules et population adulte de plus de 15 ans).  Sites nationaux du ministère des transports.	Stock de véhicules divisé par la population adulte, multiplié par 100.
Kilométrage parcouru annuellement par adulte*	<i>KA</i>	Kilométrage total : OECD (International Transport Forum), UNECE, Banque mondiale, Federal Highway Administration (United States).  Population adulte : The World Bank (World Development Indicators).	Kilométrage total parcouru divisé par la population adulte.
Consommation unitaire des parcs de véhicules par km parcouru (équivalent des émissions de GES)*	<i>CR</i>	OECD, UNECE, Banque mondiale, Federal Highway Administration (United States). Population adulte : World Development Indicators, The World Bank  Les proportions respectives de l'essence et de diesel dans la consommation totale de ces carburants routiers: calculs à partir des indicateurs du développement mondial, la Banque mondiale • Les émissions de GES attribuables au transport routier: la CCNUCC; Eurostat	Émissions de GES du secteur des transports divisées par le kilométrage total du trafic routier, pondérées selon la consommation respective d'essence et de diesel pour chaque pays et les niveaux d'émissions de GES associées (hypothèses : 1L d'essence = 2,446kg eq.co2; 1L de diesel = 2,783kg eq.co2).

Cylindrée moyenne (en centimètres cubes) des véhicules neufs achetés	CC	Eurostat, sites nationaux (ministères des Transports)	Variable utilisée telle quelle.
Indice des prix pour l'acquisition de véhicules (2005=100)	PVI	Eurostat, sites nationaux de statistiques (StatCanada, etc.) Eurostat (European Union); Statistics Canada (Canada); Bureau of Labor Statistics (United States); Bracks, S. et coll., Review of Australia's Automotive Industry, Final Report, 22 July 2008 (Australia)	European Union: Variable utilisée telle quelle; Canada: calculs de Table 6- Annual sales of new motor vehicles, by type and origin, in units and dollars; United States: CPI, series.
Taxes sur les automobiles neuves de 13 000 \$ Taxes sur les automobiles neuves de 97 000 \$ Écart de taxes entre ces deux types de véhicules	TNV_13k TNV_97k VAR_TNV	OECD Consumption tax trends 2008, 2009 et 2010.	Variable utilisée telle quelle.  VAR_TNV égale la différence entre TNV_13k et TNV_97k.
Le prix des carburants (essence et diesel) pondéré selon leur consommation respective (\$ US 2005)	FP	IEA statistics 1998 à 2014 Energy taxes and prices Eurostat, sites nationaux de statistiques (StatCanada, etc.). Motor fuels prices: European Commission-Market Observatory for Energy (European Union); Energy Information Administration (United States); Natural Resources Canada (Canada); Australian Automobile Association and Australian Institute of Petroleum (Australia); World Development Indicators, The World Bank (for others) • Respective proportions of gasoline and diesel in total consumption of those road fuels: calculations from the World Development Indicators, The World Bank	Prix en \$ US de 1995. Australia: Prices of gasoline only; European Union and Canada & United States, Others: Weighted Prices regarding prices of gasoline and diesel and consumption of those respective fuels



Le prix d'achat du pétrole (\$ US 2005)	<i>OIL</i>	IEA, End-use petroleum product prices and average crude oil import costs April 2011.	Variable utilisée telle quelle.
Frais fixes ( <i>Fixes Costs</i> ) Les frais d'immatriculation pour un camion (\$ US 2005)	<i>FC</i>	International transport forum (OCDE). Autres données nationales.	Variable utilisée telle quelle. Frais annuels convertis en frais par jour ouvrable (total divisé par 176, hyp. de l'OCDE).
Les frais variables pour un camion (taxes sur le diesel, taxes kilométriques et péages, \$ US2005/jr)	<i>VC</i>	International transport forum (OCDE); <a href="http://www.publications.parliament.uk/pa/cm/200809/cmselect/cmtran/103/103.pdf">http://www.publications.parliament.uk/pa/cm/200809/cmselect/cmtran/103/103.pdf</a> <a href="http://publications.piarc.org/ressources/publications_files/5/3524.2009R05_WEB.pdf">http://publications.piarc.org/ressources/publications_files/5/3524.2009R05_WEB.pdf</a> Données nationales.	Frais en diesel calculés selon l'hypothèse de 128 litre de diesel par jour ouvrable. Une hypothèse de frais de péages est ajoutée lorsque pertinente.
Frais mensuels de stationnement (\$ US 2005)	<i>PM</i> ( <i>Parking Monthly</i> )	Colliers International Global CBD Parking Rate Survey, 2007, 2008 et 2009 Collier international (centres-villes) North America CBD Parking Rate Survey (données remontant à 2002).	Indicateur calculé à partir des moyennes des villes mesurées et convertis en \$2005.
Part des écotaxes dans le PIB (%)	<i>ECOTAX</i>	OCDE et Eurostat.	Variable utilisée telle quelle.



Part des transports collectifs et actifs	<i>TA</i>	Eurostat, sites nationaux des ministères des Transports. Eurostat (European Union); BITRE Australian transportation Statistics Yearbook 2009 (Australia); North American transportation Statistics Database, available at: <a href="http://nats.sct.gob.mx">http://nats.sct.gob.mx</a> , Table 8-1 Domestic Passenger Travel by Mode (Canada & United States)	European Union: Variable utilisée telle quelle. La variable inclut les transports collectifs et actifs pour l'ensemble des déplacements. Calculs à partir du kilométrage effectué avec chaque mode pour les autres pays, (auto et transports collectifs seulement). Il est à noter que le vélo joue un rôle marginal hors de certains pays européens (i.g. : Danemark, Pays-Bas).
Indice des prix pour les transports collectifs (2005 = 100)	<i>TPI</i>	Eurostat, sites nationaux de stats. Eurostat (European Union); American Public transportation Association, 2010 Public transportation Fact Book, Appendix A: Historical Tables, Washington, DC, April, 2010, Table 55 (Canadian Fixed-Route Transit Passenger Fares in Canadian Dollars) and 44 (USA Passenger Fare Structures); World Development Indicators, The World Bank, Australie : APTA. Australie: IPC.	European Union et plusieurs autres pays : Variable utilisée telle quelle. Autre pays : grille tarifaire pour le train ajustée pour l'IPC national.
Proportion de la population dite urbaine	<i>URBAN</i>	World Development Indicators, The World Bank (WDI, World Bank)	Variable utilisée telle quelle.
Produit national brut par personne	<i>GDPPC</i>	Banque mondiale (World Development Indicators)	PIB divisé par la population totale.
Taux de chômage (% de la population active)	<i>Unemployment</i>	WDI (World Bank), CIA World Factbook (2009-2010).	Variable utilisée telle quelle.
Nombre moyen d'années d'éducation	<i>EDUC</i>	WDI (World Bank) <a href="http://databank.worldbank.org/">http://databank.worldbank.org/</a>	Variable utilisée telle quelle.

Indice de GINI	<i>GINI</i>	World Development Indicators, The World Bank; CIA World Factbook <a href="http://www.visionofhumanity.org/gpi-data/#/2010/gini/">http://www.visionofhumanity.org/gpi-data/#/2010/gini/</a>	Variable utilisée telle quelle.
----------------	-------------	--	---------------------------------

\* Variables présentes dans le modèle de Barla *et coll.* (2009).

### Exemples d'autres sources complémentaires de données :

Base de données Nord-Américaines sur les transports

Ecotaxe database : <http://www2.oecd.org/econinst/queries/>

Eurostat, StatCan, USA-BLS,

ITF – OECD (2011) Transport Outlook 2011, 48 p. (voir aussi éditions précédentes).

**Australie** : Australian statistics yearbook 2011; Australia 2008 Bracks report on auto industry; APTA.

**États-Unis** : U.S. Department of Transportation, Research and Innovative Technology Administration (RITA), STATE TRANSPORTATION STATISTICS 2009 (voir éditions de 2003 à 2009).

**France** : Comité des constructeurs français d'automobiles (200, 2003 et 2007) *The French Automotive Industry, Analysis and Statistics*.

**Japon** : Japan Statistics Yearbook 2011; <http://www.stat.go.jp/english/>

**Nouvelle-Zélande** : Statistics New

**Zealand**; <http://www.transport.govt.nz/ourwork/TMIF/Pages/TP002.aspx> ;

**Pologne** : PZPM (2010), Rapport Branzy, Motoryzacja 2010, 98 p.

**Royaume-Uni** : <http://www.dft.gov.uk/statistics?tag=distance-travelled>

**Suisse** : Confédération Suisse (2007) La mobilité en Suisse, Office fédéral de la statistique, 100 p.

**LITRA** – Service d'information pour les transports publics (2011), Les transports en chiffres, Edition 2011, 29 p.

**Singapore** : Annual Vehicle Statistics 2010: CAR POPULATION BY CC RATING.

**Land Transport Authority** (2005 à 2009) Land transport statistics in brief.

**Union européenne** : European Union (2011), Eurostat Energy, transport and environment indicators, 211 p.

**ANNEXE D****BASE DE DONNÉES POUR 37 PAYS**

Country	Year	country number	KA	SA	CR_p	CR_n	PVI	PTI	RGH GPC
Australia	1990	1	16 357	67,7	11,7	9,0	101,6	49,3	2,6
Australia	1991	1	16 707	69,2	11,2	8,8	102,6	56,5	2,4
Australia	1992	1	16 794	69,7	11,2	8,8	105,4	59,7	2,5
Australia	1993	1	16 978	70,3	11,1	8,9	112,1	63,1	2,5
Australia	1994	1	17 118	71,0	11,1	8,9	115,2	65,1	2,5
Australia	1995	1	16 842	71,6	11,0	8,8	120,9	67,1	2,6
Australia	1996	1	16 947	73,5	11,1	8,7	122,7	69,7	2,6
Australia	1997	1	16 935	74,3	11,2	8,7	113,8	74,0	2,6
Australia	1998	1	16 952	75,9	11,2	8,6	110,0	75,1	2,7
Australia	1999	1	16 994	76,2	11,1	8,6	105,9	76,6	2,7
Australia	2000	1	16 930	75,8	11,2	8,6	105,4	80,3	2,7
Australia	2001	1	16 515	75,2	11,0	8,6	106,5	89,1	2,6
Australia	2002	1	16 679	76,1	11,2	8,6	107,5	91,9	2,7
Australia	2003	1	16 857	77,1	10,9	8,5	105,9	93,7	2,7
Australia	2004	1	17 361	78,1	10,7	8,4	102,8	98,4	2,7
Australia	2005	1	17 122	79,0	10,8	8,3	100,0	100,0	2,7
Australia	2006	1	16 762	79,9	10,7	8,1	99,1	103,3	2,7
Australia	2007	1	16 611	80,4	10,5	8,0	100,5	107,1	2,6
Australia	2008	1	16 290	81,1	10,4	7,9	99,2	112,3	2,5
Australia	2009	1	16 202	81,0	10,3	7,8	98,3	118,1	2,5
Australia	2010	1	16 299	81,5	10,2	7,6	97,6	121,1	2,4
Austria	1990	2	6 447	47,7	12,8	7,4			1,8
Austria	1991	2	6 646	48,7	13,7	7,3			1,9
Austria	1992	2	6 829	50,5	13,1	7,2			1,9
Austria	1993	2	6 944	51,8	12,9	7,1			1,9
Austria	1994	2	7 233	53,3	12,4	7,0	89,4	69,2	1,9
Austria	1995	2	7 339	54,9	12,3	7,1	90,3	72,0	2,0
Austria	1996	2	7 513	56,3	13,1	6,9	92,8	76,6	2,1
Austria	1997	2	7 668	57,6	12,1	6,8	92,4	77,1	2,0
Austria	1998	2	7 847	59,0	13,2	6,6	92,7	80,9	2,3
Austria	1999	2	8 055	60,6	12,3	6,5	92,8	82,5	2,2
Austria	2000	2	8 174	61,7	12,6	6,3	93,8	85,5	2,3
Austria	2001	2	8 272	62,6	13,3	6,2	95,3	89,7	2,4
Austria	2002	2	8 412	59,2	14,3	6,1	96,8	89,3	2,7
Austria	2003	2	8 498	59,8	15,2	6,1	98,1	94,6	2,9



Country	Year	country number	KA	SA	CR_p	CR_n	PVI	PTI	RGH GPC
Austria	2004	2	8 535	60,3	15,3	6,0	98,7	95,7	2,9
Austria	2005	2	8 595	60,3	14,8	6,0	100,0	100,0	3,0
Austria	2006	2	8 593	60,4	14,9	6,1	100,6	103,5	2,8
Austria	2007	2	8 699	60,7	14,9	6,0	101,1	106,4	2,8
Austria	2008	2	8 811	60,7	14,4	5,9	102,3	109,0	2,6
Austria	2009	2	8 880	61,4	13,7	5,6	102,9	111,6	2,5
Austria	2010	2	8 949	61,6	13,4	5,5	101,4	114,3	2,6
Belgium	1990	3	11 287	47,5	10,6	7,3	80,7	70,7	2,0
Belgium	1991	3	13 002	48,5	10,2	7,2	82,0	72,3	2,0
Belgium	1992	3	13 089	48,8	10,4	7,1	83,2	74,0	2,0
Belgium	1993	3	13 323	49,6	10,4	7,0	84,5	75,6	2,1
Belgium	1994	3	13 564	50,7	10,3	6,9	85,7	77,3	2,1
Belgium	1995	3	12 479	51,2	10,2	6,9	87,0	78,9	2,1
Belgium	1996	3	14 206	51,9	10,3	6,7	89,1	79,9	2,2
Belgium	1997	3	14 559	28,7	10,1	6,6	88,7	82,7	2,2
Belgium	1998	3	15 136	53,3	10,1	6,5	89,8	84,1	2,3
Belgium	1999	3	15 701	54,2	9,8	6,3	91,1	84,4	2,3
Belgium	2000	3	14 051	55,1	10,0	6,2	92,7	86,4	2,3
Belgium	2001	3	14 240	55,7	10,0	6,1	95,0	87,3	2,4
Belgium	2002	3	14 454	55,9	10,0	6,0	96,9	90,5	2,4
Belgium	2003	3	14 481	56,1	10,2	5,9	98,3	93,2	2,4
Belgium	2004	3	14 647	56,4	10,4	5,8	98,9	96,2	2,5
Belgium	2005	3	14 591	56,7	9,7	5,7	100,0	100,0	2,4
Belgium	2006	3	14 608	56,9	9,6	5,7	101,4	99,6	2,4
Belgium	2007	3	14 985	57,4	9,5	5,6	102,1	94,7	2,3
Belgium	2008	3	14 741	57,8	9,2	5,4	102,7	97,2	2,5
Belgium	2009	3	10 494	58,1	8,8	5,2	103,4	102,4	2,4
Belgium	2010	3	10 434	58,4	8,6	5,0	104,0	103,1	2,1
Bulgaria	1990	4	4 380						0,7
Bulgaria	1991	4	3 830	19,6					0,4
Bulgaria	1992	4	3 281	20,6					0,4
Bulgaria	1993	4	2 737	21,8					0,5
Bulgaria	1994	4	2 199	23,0					0,5
Bulgaria	1995	4	1 669	23,9					0,5
Bulgaria	1996	4	1 744	24,7					0,5



Country	Year	country number	KA	SA	CR_p	CR_n	PVI	PTI	RGH GPC
Bulgaria	1997	4	1 820	24,9	30,1	6,7	100,8	23,3	0,5
Bulgaria	1998	4	1 895	26,1	30,0	6,6	102,4	47,0	0,6
Bulgaria	1999	4	1 969	27,7	29,9	6,6	93,4	59,1	0,7
Bulgaria	2000	4	2 043	28,8	30,0	6,6	98,3	62,4	0,6
Bulgaria	2001	4	2 164	30,2	29,5	6,6	100,3	76,9	0,6
Bulgaria	2002	4	2 381	32,4	26,8	6,5	99,6	80,5	0,7
Bulgaria	2003	4	1 935	34,3	26,1	6,5	102,2	87,7	0,8
Bulgaria	2004	4	1 658	36,4	26,8	6,5	101,0	92,7	0,8
Bulgaria	2005	4	1 701	37,9	25,9	6,5	100,0	100,0	0,9
Bulgaria	2006	4	1 673	34,6	26,1	6,4	100,8	106,7	1,0
Bulgaria	2007	4	1 702	31,3	23,4	6,4	103,9	112,9	1,0
Bulgaria	2008	4	1 730	35,8	22,2	6,4	109,1	136,0	1,0
Bulgaria	2009	4	1 869	38,1	22,3	6,4	103,0	142,0	1,0
Bulgaria	2010	4	1 838	38,4	21,3	6,3	97,2	152,6	1,0
Canada	1990	5	17 056	69,7	9,9	8,9	58,9	38,8	3,4
Canada	1991	5	16 749	69,4	9,7	8,7	55,3	45,2	3,2
Canada	1992	5	17 268	69,3	9,5	8,8	59,6	47,4	3,3
Canada	1993	5	17 577	70,5	9,4	8,7	64,3	51,9	3,3
Canada	1994	5	17 907	71,0	9,7	8,9	69,0	53,5	3,5
Canada	1995	5	17 723	70,2	9,8	8,6	75,3	58,7	3,5
Canada	1996	5	17 318	68,2	9,8	8,6	81,5	64,6	3,4
Canada	1997	5	17 904	70,0	9,7	8,7	85,3	70,7	3,5
Canada	1998	5	18 191	70,8	9,7	8,6	87,8	75,2	3,6
Canada	1999	5	18 043	73,3	9,9	9,2	91,6	72,2	3,6
Canada	2000	5	17 778	74,7	10,0	9,1	92,1	75,0	3,6
Canada	2001	5	17 918	75,5	10,0	9,0	91,4	78,3	3,7
Canada	2002	5	18 244	75,1	9,9	9,0	93,9	83,8	3,7
Canada	2003	5	18 451	75,5	9,9	8,8	96,8	89,4	3,8
Canada	2004	5	18 577	75,9	10,0	8,9	98,2	94,4	3,8
Canada	2005	5	18 646	77,1	10,0	8,8	100,0	100,0	3,9
Canada	2006	5	18 323	77,8	10,2	8,8	100,9	106,0	3,9
Canada	2007	5	18 714	78,4	9,9	8,5	99,0	110,9	3,9
Canada	2008	5	18 466	78,9	9,8	8,2	96,0	117,2	3,8
Canada	2009	5	18 630	78,7	9,6	7,8	98,5	122,9	3,8
Canada	2010	5	18 640	79,3	9,6	7,5	98,1	128,6	3,8

Country	Year	country number	KA	SA	CR_p	CR_n	PVI	PTI	RGH GPC
Czech Republic	1990	6	6 246	30,7	9,7				0,6
Czech Republic	1991	6	6 468	31,5	8,5				0,6
Czech Republic	1992	6	6 662	32,0	9,5				0,6
Czech Republic	1993	6	6 851	34,3	9,3				0,7
Czech Republic	1994	6	6 799	35,1	10,1				0,7
Czech Republic	1995	6	7 817	36,4	11,2	5,9	127,0	63,4	0,9
Czech Republic	1996	6	7 964	37,9	11,5	5,9	124,3	67,5	1,0
Czech Republic	1997	6	8 112	40,1	11,5	5,9	121,6	71,6	1,1
Czech Republic	1998	6	8 262	41,1	11,3	5,9	118,9	75,7	1,1
Czech Republic	1999	6	8 413	40,3	11,2	5,9	116,2	79,7	1,1
Czech Republic	2000	6	8 563	40,2	11,3	5,9	108,4	83,8	1,2
Czech Republic	2001	6	8 657	41,1	12,0	5,9	111,4	85,2	1,3
Czech Republic	2002	6	8 740	42,5	11,9	5,9	109,9	100,4	1,3
Czech Republic	2003	6	8 918	43,0	12,8	5,9	107,6	100,1	1,5
Czech Republic	2004	6	8 792	44,1	13,0	5,8	104,1	98,9	1,6
Czech Republic	2005	6	8 877	45,5	12,6	5,9	100,0	100,0	1,7
Czech Republic	2006	6	9 028	47,0	12,5	5,8	98,9	100,6	1,7
Czech Republic	2007	6	9 176	48,6	12,5	5,8	97,3	104,8	1,8
Czech Republic	2008	6	9 134	49,6	12,6	5,8	92,4	118,6	1,7
Czech Republic	2009	6	9 054	49,3	12,6	5,9	84,1	126,6	1,7
Czech Republic	2010	6	7 961	50,4	12,6	5,9	74,8	127,3	1,6
Denmark	1990	7	13 947	42,9	10,5	7,8	77,2	57,2	1,8
Denmark	1991	7	14 343	43,0	10,8	7,7	78,5	60,0	1,9
Denmark	1992	7	14 390	43,3	10,9	7,6	79,8	62,8	1,9
Denmark	1993	7	14 392	43,8	11,1	7,5	81,1	65,6	2,0
Denmark	1994	7	14 467	43,7	11,4	7,4	82,3	68,4	2,0
Denmark	1995	7	14 275	45,5	11,2	7,3	83,6	71,2	2,1
Denmark	1996	7	15 118	46,8	11,2	7,2	85,0	71,9	2,1
Denmark	1997	7	15 295	48,0	11,2	7,1	85,3	77,7	2,1
Denmark	1998	7	15 463	49,0	11,1	7,0	87,3	80,7	2,1
Denmark	1999	7	15 714	49,8	11,0	6,9	89,2	83,0	2,2
Denmark	2000	7	14 985	50,3	10,9	6,8	88,3	85,1	2,1
Denmark	2001	7	14 784	50,9	10,9	6,6	89,0	88,1	2,1
Denmark	2002	7	14 844	51,3	11,0	6,5	91,8	90,1	2,1
Denmark	2003	7	15 031	51,6	11,2	6,5	96,1	92,9	2,2



Country	Year	country number	KA	SA	CR_p	CR_n	PVI	PTI	RGH GPC
Denmark	2004	7	15 041	52,6	11,1	6,3	98,1	98,4	2,3
Denmark	2005	7	15 050	43,6	10,6	6,2	100,0	100,0	2,3
Denmark	2006	7	15 230	56,1	10,7	6,2	100,3	101,8	2,3
Denmark	2007	7	15 505	57,4	10,8	6,1	99,4	103,8	2,4
Denmark	2008	7	15 382	57,6	10,6	5,6	98,4	107,4	2,4
Denmark	2009	7	14 882	57,1	10,0	5,3	97,7	110,5	2,4
Denmark	2010	7	14 676	58,0	9,8	5,2	97,2	112,9	2,2
Estonia	1990	8	3 595						1,5
Estonia	1991	8	3 232	21,4					1,3
Estonia	1992	8	2 868	23,2					0,7
Estonia	1993	8	2 504	26,7			132,8	37,8	0,8
Estonia	1994	8	2 140	29,0			130,2	44,1	1,0
Estonia	1995	8	1 779	33,4			127,5	50,4	1,0
Estonia	1996	8	1 897	35,7			104,1	62,2	1,1
Estonia	1997	8	2 012	37,9	14,7	7,1	109,3	78,9	1,2
Estonia	1998	8	2 125	40,1	15,1	7,1	120,4	73,0	1,2
Estonia	1999	8	2 236	40,9	13,9	7,1	125,5	76,4	1,1
Estonia	2000	8	2 344	41,3	13,8	7,0	124,1	78,4	1,1
Estonia	2001	8	2 404	36,1	10,9	7,0	123,6	85,5	1,4
Estonia	2002	8	2 299	35,3	10,7	7,0	120,8	89,1	1,4
Estonia	2003	8		38,1	10,7	7,0	114,9	89,5	1,4
Estonia	2004	8	2 380	41,3	10,5	6,8	107,4	88,3	1,4
Estonia	2005	8	2 565	43,1	10,7	7,0	100,0	100,0	1,5
Estonia	2006	8	2 710	48,4	10,7	6,9	96,2	111,8	1,6
Estonia	2007	8	2 551	45,8	10,6	6,9	92,6	120,6	1,7
Estonia	2008	8	2 350	48,5	10,3	6,7	86,8	146,0	1,6
Estonia	2009	8	7 712	48,0	9,9	6,4	77,9	163,9	1,5
Estonia	2010	8	7 883	49,3	9,7	6,3	76,1	171,9	1,6
Finland	1990	9	14 828	48,4	10,7	7,4	121,3	57,0	2,2
Finland	1991	9	14 529	47,7	10,6	7,4	119,7	59,9	2,1
Finland	1992	9	12 676	47,7	9,8	7,3	118,2	62,8	2,1
Finland	1993	9	13 147	45,9	9,4	7,3	116,6	65,7	2,0
Finland	1994	9	13 335	45,6	9,7	7,2	115,1	68,6	2,1
Finland	1995	9	14 018	46,1	9,5	7,2	113,5	71,5	2,0
Finland	1996	9	14 994	46,9	9,4	7,1	106,7	73,2	2,0

Country	Year	country number	KA	SA	CR_p	CR_n	PVI	PTI	RGH GPC
Finland	1997	9	15 208	46,8	9,5	7,1	106,3	75,9	2,1
Finland	1998	9	15 476	48,2	9,4	7,0	108,5	80,6	2,1
Finland	1999	9	15 760	49,5	9,3	7,0	108,2	83,2	2,2
Finland	2000	9	14 956	50,5	9,0	6,9	106,8	86,3	2,1
Finland	2001	9	15 203	50,9	9,0	6,8	106,8	90,8	2,2
Finland	2002	9	15 450	51,5	9,0	6,8	108,6	92,8	2,2
Finland	2003	9	15 687	53,1	8,9	6,8	104,6	95,5	2,2
Finland	2004	9	15 896	54,6	9,0	6,9	102,0	97,8	2,3
Finland	2005	9	16 013	56,2	8,8	6,8	100,0	100,0	2,3
Finland	2006	9	16 041	57,6	8,9	6,8	98,2	102,5	2,3
Finland	2007	9	16 245	58,7	8,9	6,7	95,7	104,6	2,4
Finland	2008	9	16 060	61,2	8,6	6,2	88,7	107,9	2,3
Finland	2009	9	16 058	62,5	7,8	6,0	85,6	113,4	2,1
Finland	2010	9	16 162	64,1	7,6	5,7	87,0	116,4	2,2
France	1990	10	13 495	49,5	10,6	6,5	90,2	68,1	1,9
France	1991	10	14 378	51,0	10,6	6,5	90,9	70,2	2,0
France	1992	10	14 597	51,1	10,7	6,5	91,5	72,3	2,0
France	1993	10	14 615	51,6	10,6	6,6	92,2	74,5	2,0
France	1994	10	14 801	52,4	10,4	6,5	92,8	76,6	2,0
France	1995	10	14 255	52,6	10,3	6,5	93,5	78,7	2,0
France	1996	10	15 149	53,1	10,2	7,0	97,3	84,7	2,1
France	1997	10	15 304	54,1	10,2	7,0	95,0	85,1	2,1
France	1998	10	15 601	55,3	10,1	6,8	95,9	85,0	2,1
France	1999	10	15 947	56,4	9,9	6,6	94,8	85,8	2,1
France	2000	10	15 065	57,0	9,8	6,4	95,0	87,0	2,1
France	2001	10	15 468	57,9	9,7	6,2	95,8	89,1	2,2
France	2002	10	15 471	58,4	9,6	5,9	96,8	91,4	2,2
France	2003	10	15 459	58,7	9,5	5,8	98,2	94,8	2,1
France	2004	10	15 327	58,9	9,5	5,7	99,6	97,3	2,1
France	2005	10	15 017	58,8	9,5	5,6	100,0	100,0	2,1
France	2006	10	14 860	59,2	9,4	5,5	100,4	102,5	2,1
France	2007	10	14 887	59,0	9,3	5,5	101,8	105,0	2,0
France	2008	10	14 685	58,9	8,9	5,2	102,9	107,2	1,9
France	2009	10	14 701	59,7	8,7	4,9	103,4	110,5	1,9
France	2010	10	14 821	59,8	8,5	4,9	103,3	112,8	1,9



Country	Year	country number	KA	SA	CR_p	CR_n	PVI	PTI	RGH GPC
Germany	1990	11		46,1	12,2	7,7	85,6	62,6	1,9
Germany	1991	11	26 318	46,8	10,6	7,6	86,6	65,3	1,9
Germany	1992	11	28 227	52,1	10,7	7,6	87,7	67,9	2,0
Germany	1993	11	28 938	57,2	10,8	7,6	88,7	70,6	2,1
Germany	1994	11	27 722	58,4	10,6	7,5	89,7	73,3	2,0
Germany	1995	11	12 922	59,2	11,1	7,4	90,8	76,0	2,0
Germany	1996	11	13 126	59,8	11,0	7,9	93,1	81,7	2,0
Germany	1997	11	13 363	60,1	10,9	7,8	92,8	83,2	2,0
Germany	1998	11	13 543	60,5	11,0	7,6	94,1	86,5	2,1
Germany	1999	11	13 670	61,3	11,3	7,4	94,7	88,6	2,2
Germany	2000	11	12 991	63,2	11,2	7,2	95,2	89,5	2,1
Germany	2001	11	13 229	63,8	11,0	7,0	96,4	88,9	2,1
Germany	2002	11	13 291	63,8	10,9	6,8	97,7	90,2	2,0
Germany	2003	11	13 157	64,0	10,5	6,7	98,5	93,2	2,0
Germany	2004	11	13 273	64,3	10,5	6,7	99,6	95,7	2,0
Germany	2005	11	13 060	65,2	10,4	6,6	100,0	100,0	1,9
Germany	2006	11	13 120	65,7	10,3	6,6	101,3	104,0	1,8
Germany	2007	11	13 168	58,0	10,2	6,4	104,4	110,0	1,8
Germany	2008	11	12 923	58,3	9,9	6,3	105,2	114,3	1,8
Germany	2009	11	13 163	58,9	9,2	5,8	105,2	118,6	1,8
Germany	2010	11	13 141	57,8	8,9	5,8	105,3	121,1	1,8
Greece	1990	12	2 903	20,9	12,2	7,7	112,0	69,3	1,2
Greece	1991	12	3 036	21,2	11,9	7,6	111,0	71,6	1,2
Greece	1992	12	3 167	21,5	11,1	7,5	110,0	73,8	1,3
Greece	1993	12	3 297	22,6	10,3	7,4	109,0	76,1	1,3
Greece	1994	12	3 426	23,7	9,6	7,4	108,0	78,3	1,3
Greece	1995	12	3 556	24,9	9,0	7,3	107,0	80,6	1,3
Greece	1996	12	3 717	26,1	9,0	7,2	105,2	83,5	1,4
Greece	1997	12	3 879	27,5	8,8	7,2	107,3	84,5	1,4
Greece	1998	12	4 042	29,2	8,8	7,1	111,8	87,2	1,5
Greece	1999	12	4 205	31,8	8,2	7,1	101,2	87,2	1,5
Greece	2000	12	4 369	34,4	8,1	7,0	94,7	90,0	1,5
Greece	2001	12	4 412	36,7	7,9	6,5	97,0	98,2	1,5
Greece	2002	12	4 462	38,8	7,8	6,5	97,9	100,0	1,6
Greece	2003	12	4 465	40,7	7,8	6,6	98,4	100,0	1,7



Country	Year	country number	KA	SA	CR_p	CR_n	PVI	PTI	RGH GPC
Greece	2004	12	4 501	41,7	7,4	6,6	99,7	100,0	1,7
Greece	2005	12	4 469	45,2	7,7	6,5	100,0	100,0	1,7
Greece	2006	12	4 431	47,5	7,6	6,5	98,2	103,6	1,7
Greece	2007	12	4 443	49,8	7,6	6,4	97,6	104,3	1,8
Greece	2008	12	4 388	47,8	7,4	6,3	95,4	104,3	1,7
Greece	2009	12	4 373	45,9	7,2	6,1	89,1	120,2	1,9
Greece	2010	12	4 347	43,9	7,1	5,7	92,9	142,5	1,7
Hungary	1990	13	8 596	23,5	13,1				0,7
Hungary	1991	13	8 401	24,2	10,7				0,6
Hungary	1992	13	8 205	24,6	10,5				0,6
Hungary	1993	13	8 011	24,9	10,7				0,6
Hungary	1994	13	7 820	25,9	10,6				0,6
Hungary	1995	13	7 635	26,5	10,9	6,6	95,7	33,0	0,6
Hungary	1996	13	7 624	26,7	10,9	6,5	96,2	39,8	0,6
Hungary	1997	13	7 618	27,0	11,7	6,4	96,6	46,5	0,7
Hungary	1998	13	7 614	26,1	13,3	6,3	97,1	53,3	0,8
Hungary	1999	13	7 611	26,5	14,1	6,3	97,6	60,0	0,8
Hungary	2000	13	7 607	27,8	13,9	6,2	98,1	66,8	0,8
Hungary	2001	13	7 630	29,1	14,4	6,2	101,6	74,9	0,9
Hungary	2002	13	7 660	30,8	15,3	6,1	98,1	79,7	0,9
Hungary	2003	13	7 638	32,6	15,9	6,0	98,5	85,2	1,0
Hungary	2004	13	7 549	33,2	16,9	6,0	100,6	94,5	1,0
Hungary	2005	13	7 583	33,9	16,6	5,9	100,0	100,0	1,2
Hungary	2006	13	6 841	37,7	16,4	5,8	97,3	108,1	1,2
Hungary	2007	13	6 968	38,2	16,4	5,8	99,5	152,8	1,3
Hungary	2008	13	7 016	35,7	16,2	5,8	101,3	161,7	1,3
Hungary	2009	13	7 067	35,2	16,2	5,8	106,7	166,2	1,2
Hungary	2010	13	6 833		16,1	5,7	107,2	193,4	1,2
Iceland	1990	14	15 395	61,8	13,3	13,3	54,6		2,3
Iceland	1991	14	15 705	62,1	13,7	13,7	58,3		2,3
Iceland	1992	14	16 026	61,0	13,9	13,9	62,1		2,3
Iceland	1993	14	16 353	58,4	13,8	13,8	65,9		2,3
Iceland	1994	14	16 677	57,9	13,9	13,9	69,6		2,3
Iceland	1995	14	16 990	58,8	13,4	13,4	73,4		2,2
Iceland	1996	14	17 568	61,0	12,4	12,4	87,7		2,1

Country	Year	country number	KA	SA	CR_p	CR_n	PVI	PTI	RGH GPC
Iceland	1997	14	18 134	63,9	12,1	12,1	87,2		2,2
Iceland	1998	14	18 689	66,6	11,5	11,5	86,4		2,2
Iceland	1999	14	19 239	70,9	11,1	11,1	87,0		2,2
Iceland	2000	14	19 786	73,6	10,7	10,7	86,7		2,2
Iceland	2001	14	19 974	72,9	10,7	10,7	93,9		2,2
Iceland	2002	14	20 472	72,8	10,7	10,7	98,2		2,2
Iceland	2003	14	20 980	74,4	9,5	9,5	97,9		2,5
Iceland	2004	14	21 551	77,4	10,0	10,0	100,8		2,6
Iceland	2005	14	22 003	81,1	8,1	8,1	100,0		2,6
Iceland	2006	14	23 245	83,2	8,7	8,7	104,6		3,0
Iceland	2007	14	23 544	85,0	8,5	8,5	111,1		3,0
Iceland	2008	14	22 473	83,4	8,3	8,3	130,8		2,8
Iceland	2009	14	22 588	81,4	8,2	8,2	149,0		2,8
Iceland	2010	14				8,2	165,2		2,6
Ireland	1990	15	9 437	31,5	7,6	7,0	86,0	40,5	1,4
Ireland	1991	15	9 427	32,4	7,9	6,9	86,8	44,4	1,4
Ireland	1992	15	9 671	32,7	8,2	6,9	87,6	48,3	1,5
Ireland	1993	15	9 803	33,5	8,0	6,8	88,4	52,2	1,5
Ireland	1994	15	9 987	35,0	8,1	6,8	89,3	56,1	1,6
Ireland	1995	15	10 088	36,3	8,2	7,0	90,1	60,0	1,6
Ireland	1996	15	10 222	38,2	9,3	6,8	90,8	68,9	1,9
Ireland	1997	15	10 193	40,3	9,6	6,6	90,9	69,9	2,0
Ireland	1998	15	10 165	41,6	11,3	6,5	91,4	72,5	2,3
Ireland	1999	15	10 526	43,4	11,8	6,3	93,1	75,1	2,5
Ireland	2000	15	10 705	44,4	12,3	6,1	94,0	78,2	2,7
Ireland	2001	15	11 160	46,2	12,0	6,3	94,2	79,8	2,8
Ireland	2002	15	11 328	47,4	11,9	6,3	96,2	82,7	2,8
Ireland	2003	15	11 566	48,4	11,6	6,3	98,1	89,0	2,8
Ireland	2004	15	11 858	49,0	11,7	6,4	99,2	93,9	2,9
Ireland	2005	15	12 091	51,0	12,0	6,3	100,0	100,0	3,0
Ireland	2006	15	12 345	53,2	12,0	6,3	101,2	103,2	3,1
Ireland	2007	15	12 605	54,4	11,6	6,1	101,6	106,4	3,2
Ireland	2008	15		56,7	11,3	5,9	101,0	110,6	3,1
Ireland	2009	15		55,8	10,4	5,5	96,1	120,6	2,9
Ireland	2010	15		55,1	10,0	5,0	90,5	120,9	2,6

Country	Year	country number	KA	SA	CR_p	CR_n	PVI	PTI	RGH GPC
Italy	1990	16	12 802	58,2	10,3	7,1	79,0	71,1	1,7
Italy	1991	16	14 850	59,8	10,1	7,0	80,4	73,3	1,7
Italy	1992	16	15 188	61,4	10,2	6,9	81,8	75,5	1,8
Italy	1993	16	15 530	61,7	10,0	6,9	83,3	77,7	1,8
Italy	1994	16	15 879	61,5	9,7	6,8	84,7	79,9	1,8
Italy	1995	16	14 517	62,7	9,5	6,9	86,1	82,1	1,9
Italy	1996	16	17 017	62,9	9,5	6,7	88,3	85,1	1,9
Italy	1997	16	17 718	63,2	9,3	6,5	87,7	89,3	1,9
Italy	1998	16	18 340	64,4	9,3	6,3	90,4	90,1	2,0
Italy	1999	16	18 557	65,8	9,3	6,1	91,1	90,2	2,0
Italy	2000	16	16 811	66,8	9,1	5,9	92,9	92,2	2,0
Italy	2001	16	16 646	68,0	9,1	6,0	94,5	96,0	2,0
Italy	2002	16	16 489	68,8	9,0	6,0	97,0	96,8	2,1
Italy	2003	16	16 364	69,4	8,9	5,8	98,4	99,4	2,1
Italy	2004	16	16 327	68,0	8,8	5,7	98,0	99,7	2,1
Italy	2005	16	15 693	69,3	8,6	5,6	100,0	100,0	2,0
Italy	2006	16	16 742	69,7	8,6	5,6	101,5	100,2	2,0
Italy	2007	16	17 074	69,9	8,4	5,5	102,9	107,3	2,0
Italy	2008	16	16 875	69,3	8,3	5,5	104,3	114,2	1,9
Italy	2009	16	17 962	70,3	8,2	5,1	105,6	119,7	1,8
Italy	2010	16	17 470	70,7	8,1	5,1	106,7	132,5	1,8
Japan	1990	17	8 448	57,5	11,8	7,2	99,2	61,2	1,6
Japan	1991	17	8 893	58,9	11,9	7,2	103,0	80,4	1,6
Japan	1992	17	9 021	60,0	11,7	7,1	101,7	88,1	1,7
Japan	1993	17	9 009	61,1	11,9	7,2	102,2	89,2	1,7
Japan	1994	17	8 977	62,2	12,5	7,6	102,8	90,4	1,8
Japan	1995	17	8 702	63,5	12,8	7,7	103,3	91,5	1,8
Japan	1996	17	8 829	64,9	12,2	7,4	103,8	92,6	1,9
Japan	1997	17	8 832	65,6	12,1	7,3	101,6	94,2	1,9
Japan	1998	17	8 829	66,0	12,1	7,3	98,9	97,0	1,9
Japan	1999	17	8 845	66,5	12,0	7,2	98,3	98,5	1,9
Japan	2000	17	8 778	67,2	11,8	7,2	95,6	99,2	1,9
Japan	2001	17	8 758	67,5	11,6	7,0	95,2	99,4	1,9
Japan	2002	17	8 738	67,9	11,2	6,7	96,7	99,5	1,8
Japan	2003	17	8 698	67,6	11,0	6,7	97,5	99,8	1,8



Country	Year	country number	KA	SA	CR_p	CR_n	PVI	PTI	RGH GPC
Japan	2004	17	8 616	68,1	10,8	6,6	97,1	99,6	1,8
Japan	2005	17	8 472	68,7	11,0	6,5	97,1	99,8	1,8
Japan	2006	17	8 325	68,8	10,9	6,4	97,2	100,0	1,7
Japan	2007	17	8 326	68,6	10,6	6,3	100,0	100,0	1,7
Japan	2008	17	8 204	68,4	10,4	6,0	102,4	99,7	1,6
Japan	2009	17	8 326	68,2	10,1	5,6	103,4	99,8	1,6
Japan	2010	17	8 326	68,2	9,9	5,4	106,8	100,8	1,6
Korea, Rep,	1990	18	955	10,6	30,3	15,6	38,5	38,5	0,6
Korea, Rep,	1991	18	1 077	13,1	30,4	15,6	42,9	42,9	0,7
Korea, Rep,	1992	18	1 212	15,8	30,2	15,5	46,9	46,9	0,7
Korea, Rep,	1993	18	1 310	18,7	31,2	16,0	50,9	50,9	0,8
Korea, Rep,	1994	18	1 421	21,7	32,1	16,5	54,8	54,8	0,9
Korea, Rep,	1995	18	1 513	24,4	33,6	17,2	58,2	58,2	1,0
Korea, Rep,	1996	18	1 660	27,1	33,1	17,0	62,3	62,3	1,1
Korea, Rep,	1997	18	1 879	29,1	28,5	14,6	68,1	68,1	1,1
Korea, Rep,	1998	18	2 072	28,8	21,4	11,0	79,0	79,0	0,9
Korea, Rep,	1999	18	2 295	30,4	21,0	10,8	81,0	81,0	1,0
Korea, Rep,	2000	18	2 548	32,5	20,7	10,6	84,2	84,2	1,1
Korea, Rep,	2001	18	2 835	34,4	19,2	9,9	87,6	87,6	1,1
Korea, Rep,	2002	18	3 200	36,7	18,1	9,3	88,4	88,4	1,2
Korea, Rep,	2003	18	3 583	37,8	16,4	9,9	92,0	92,0	1,3
Korea, Rep,	2004	18	2 814	38,7	20,9	9,3	95,2	95,2	1,3
Korea, Rep,	2005	18	2 433	39,4	24,4	9,2	100,0	100,0	1,3
Korea, Rep,	2006	18	2 451	40,3	24,3	9,1	104,6	104,6	1,3
Korea, Rep,	2007	18	2 423	41,3	25,2	8,8	108,4	108,4	1,3
Korea, Rep,	2008	18	2 390	42,2	24,7	8,5	117,9	117,9	1,3
Korea, Rep,	2009	18	2 362	43,1	26,3	8,2	113,7	113,7	1,3
Korea, Rep,	2010	18					119,3	119,3	
Latvia-Lettonie	1990	19	2 795						1,0
Latvia-Lettonie	1991	19	2 421	15,8					0,9
Latvia-Lettonie	1992	19	2 045	16,8					0,8
Latvia-Lettonie	1993	19	1 670	18,2					0,8
Latvia-Lettonie	1994	19	1 293	12,7				47,4	0,8
Latvia-Lettonie	1995	19	918	16,9				54,9	0,8
Latvia-Lettonie	1996	19	979	19,4			117,7	53,4	0,8



Country	Year	country number	KA	SA	CR_p	CR_n	PVI	PTI	RGH GPC
Latvia-Lettonie	1997	19	1 038	22,0			116,8	68,5	0,8
Latvia-Lettonie	1998	19	1 095	24,7			114,8	79,9	0,8
Latvia-Lettonie	1999	19	1 150	27,0			100,3	97,7	0,8
Latvia-Lettonie	2000	19	1 205	28,6			79,4	121,3	0,8
Latvia-Lettonie	2001	19	1 177	30,0	15,7	7,6	78,1	116,2	1,0
Latvia-Lettonie	2002	19	1 205	31,6	14,3	7,5	82,8	112,2	1,1
Latvia-Lettonie	2003	19	1 295	33,0	13,0	7,3	88,1	99,8	1,1
Latvia-Lettonie	2004	19	1 351	34,9	11,8	7,3	93,7	100,0	1,2
Latvia-Lettonie	2005	19	1 469	37,7	10,3	7,1	100,0	100,0	1,2
Latvia-Lettonie	2006	19	1 423	41,8	9,8	6,9	98,7	100,0	1,4
Latvia-Lettonie	2007	19	1 346	46,2	9,8	6,9	102,0	135,0	1,6
Latvia-Lettonie	2008	19	1 286	47,8	9,6	6,8	101,2	169,3	1,5
Latvia-Lettonie	2009	19	868	46,5	9,4	6,6	93,5	204,9	1,3
Latvia-Lettonie	2010	19	1 056	48,8	9,2	6,5	88,9	225,9	1,3
Lithuania	1990	20	2 331				188,6		1,6
Lithuania	1991	20	1 174	18,4			183,0	33,3	1,7
Lithuania	1992	20	1 174	19,7			177,4	39,2	1,1
Lithuania	1993	20	1 174	20,8			171,9	45,1	0,9
Lithuania	1994	20	1 174	22,8			166,3	50,9	0,7
Lithuania	1995	20	1 174	25,2	56,3	8,6	160,7	56,8	0,9
Lithuania	1996	20	815	27,7	63,0	8,4	156,9	66,7	0,9
Lithuania	1997	20	798	31,2	63,3	8,3	158,7	76,0	1,0
Lithuania	1998	20	679	34,8	39,6	8,1	158,0	77,9	1,1
Lithuania	1999	20	561	38,7	24,9	7,9	139,3	77,0	1,0
Lithuania	2000	20	808	41,7	16,5	7,7	122,6	95,6	0,9
Lithuania	2001	20	831	40,3	14,7	7,5	116,9	95,3	0,9
Lithuania	2002	20	6 575	41,8	12,8	7,3	114,2	95,4	1,0
Lithuania	2003	20	7 772	44,3	11,3	7,2	110,2	93,2	1,0
Lithuania	2004	20	10 182	46,2	9,7	7,0	106,9	94,3	1,1
Lithuania	2005	20	13 410	51,1	7,9	7,0	100,0	100,0	1,2
Lithuania	2006	20	15 057	55,9	7,5	6,1	96,1	110,8	1,2

Country	Year	country number	KA	SA	CR_p	CR_n	PVI	PTI	RGH GPC
Lithuania	2007	20	14 855	55,7	8,9	6,6	96,3	126,1	1,5
Lithuania	2008	20	14 401	58,6	10,3	6,3	98,4	136,2	1,5
Lithuania	2009	20	13 695	59,6	10,1	6,1	90,0	168,8	1,2
Lithuania	2010	20	11 365	62,3	9,9	5,9	85,1	174,4	1,3
Luxembourg	1990	21	10 884	55,7	28,6	7,9	82,1	59,3	6,7
Luxembourg	1991	21	12 069	60,9	30,4	7,8	83,2	62,2	7,9
Luxembourg	1992	21	12 080	64,6	32,9	7,7	84,4	65,2	8,6
Luxembourg	1993	21	12 022	66,7	33,1	7,6	85,6	68,1	8,6
Luxembourg	1994	21	12 505	69,3	32,0	7,5	86,8	71,1	8,6
Luxembourg	1995	21	10 355	69,5	36,3	7,5	88,0	74,1	8,0
Luxembourg	1996	21	10 578	70,3	36,1	7,3	91,2	80,4	8,2
Luxembourg	1997	21	10 339	71,6	38,6	7,2	90,8	83,4	8,5
Luxembourg	1998	21	11 139	73,6	37,0	7,0	90,6	85,4	8,8
Luxembourg	1999	21	11 007	75,5	39,7	6,8	91,4	86,0	9,4
Luxembourg	2000	21	10 865	77,2	45,8	6,7	92,9	86,1	10,7
Luxembourg	2001	21	10 921	78,6	47,0	6,7	94,8	88,7	11,1
Luxembourg	2002	21	10 957	79,3	47,6	6,5	96,1	89,0	11,3
Luxembourg	2003	21	10 941	80,0	50,8	6,5	97,6	96,5	12,1
Luxembourg	2004	21	10 878	80,4	58,5	6,3	98,9	97,5	14,0
Luxembourg	2005	21		81,2	52,4	6,2	100,0	100,0	14,6
Luxembourg	2006	21		81,8	46,7	6,2	101,2	107,7	13,7
Luxembourg	2007	21		82,1	40,7	6,1	102,3	113,0	13,0
Luxembourg	2008	21		82,2	34,0	5,9	103,3	115,2	13,0
Luxembourg	2009	21			27,5	5,6	104,8	118,3	11,7
Luxembourg	2010	21			21,7	5,4	105,8	119,3	12,2
Mexico	1990	22	5 431	19,4	45,7				0,8
Mexico	1991	22	5 657	20,9	51,3				0,8
Mexico	1992	22	5 883	20,3	50,7				0,8
Mexico	1993	22	6 108	20,9	50,7				0,8
Mexico	1994	22	6 330	21,1	51,4				0,8
Mexico	1995	22	6 547	21,4	49,1				0,7
Mexico	1996	22	6 394	21,4	51,3				0,7
Mexico	1997	22	6 243	21,9	52,9				0,8
Mexico	1998	22	6 095	22,4	54,4				0,8
Mexico	1999	22	5 951	22,8	55,4				0,8

Country	Year	country number	KA	SA	CR_p	CR_n	PVI	PTI	RGH GPC
Mexico	2000	22	5 814	28,3	50,2				0,8
Mexico	2001	22	5 814	28,5	49,3				0,8
Mexico	2002	22	5 768	28,7	49,4	7,8			0,8
Mexico	2003	22	5 758	29,8	51,1	7,9			0,9
Mexico	2004	22	5 827	29,2	52,6	7,7			0,9
Mexico	2005	22	5 920	30,2	54,3	7,6			0,9
Mexico	2006	22	6 028	32,1	56,0	7,5			1,0
Mexico	2007	22	6 113	35,0	58,2	7,6			1,0
Mexico	2008	22	6 212		59,5	7,6			1,1
Mexico	2009	22			61,2				
Mexico	2010	22							
Netherlands	1990	23	12 303	45,2	10,6	7,5	81,0	53,3	1,8
Netherlands	1991	23	11 344	45,3	10,4	7,4	82,1	56,4	1,8
Netherlands	1992	23	11 079	45,7	10,5	7,3	83,3	59,5	1,8
Netherlands	1993	23	11 073	43,8	10,6	7,3	84,4	62,6	1,9
Netherlands	1994	23	10 777	44,6	10,4	7,2	85,6	65,6	1,9
Netherlands	1995	23	11 542	45,0	10,6	7,2	86,8	68,7	1,9
Netherlands	1996	23	12 146	46,0	10,6	7,1	88,9	74,7	1,9
Netherlands	1997	23	12 231	46,8	10,5	7,0	88,9	76,3	2,0
Netherlands	1998	23	12 357	48,0	10,4	6,8	89,3	78,8	2,0
Netherlands	1999	23	12 554	49,4	10,1	6,7	90,0	80,9	2,0
Netherlands	2000	23	12 076	50,6	10,0	6,6	91,7	82,9	2,0
Netherlands	2001	23	12 028	51,6	10,0	6,6	94,1	85,7	2,0
Netherlands	2002	23	12 140	52,3	9,9	6,5	94,7	85,9	2,1
Netherlands	2003	23	12 242	52,4	9,9	6,6	97,0	90,8	2,1
Netherlands	2004	23	12 632	52,8	9,9	6,5	98,3	95,6	2,1
Netherlands	2005	23	12 385	53,3	9,7	6,4	100,0	100,0	2,1
Netherlands	2006	23	12 263	54,2	9,6	6,3	100,8	103,8	2,2
Netherlands	2007	23	12 306	55,3	9,5	6,2	101,6	105,8	2,1
Netherlands	2008	23	12 113	56,1	9,0	5,9	100,8	109,6	2,1
Netherlands	2009	23	12 075	56,2	8,4	5,5	100,8	113,7	2,0
Netherlands	2010	23		56,3	8,1	5,2	101,1	115,8	2,1
New Zealand	1990	24	9 324	68,3	12,0	11,6	105,0	94,3	2,4
New Zealand	1991	24	9 604	69,4	12,3	11,4	101,0	101,2	2,3
New Zealand	1992	24	9 607	69,0	12,6	11,2	107,5	101,4	2,4

Country	Year	country number	KA	SA	CR_p	CR_n	PVI	PTI	RGH GPC
New Zealand	1993	24	10 004	69,5	12,4	11,0	116,6	98,5	2,4
New Zealand	1994	24	10 265	70,4	12,5	10,8	121,5	100,9	2,5
New Zealand	1995	24	10 539	71,5	12,8	10,5	123,6	104,9	2,7
New Zealand	1996	24	10 789	69,5	12,5	10,3	121,5	102,6	2,7
New Zealand	1997	24	10 954	71,1	12,5	10,1	111,3	103,0	2,7
New Zealand	1998	24	11 225	72,9	12,4	10,0	108,9	101,1	2,7
New Zealand	1999	24	11 628	74,8	12,1	9,8	103,7	104,1	2,8
New Zealand	2000	24	11 708	90,6	12,1	9,6	103,1	102,7	2,8
New Zealand	2001	24	11 634	93,4	12,2	9,4	106,6	107,4	2,8
New Zealand	2002	24	11 844	95,0	12,4	9,2	108,8	111,8	2,9
New Zealand	2003	24	11 994	87,4	12,4	9,0	104,7	106,8	3,0
New Zealand	2004	24	12 180	89,6	12,3	8,8	100,1	99,3	3,0
New Zealand	2005	24	12 161	91,8	12,2	8,6	100,0	100,0	3,0
New Zealand	2006	24	11 989	91,7	12,4	8,4	97,2	106,4	3,0
New Zealand	2007	24	12 047	92,4	12,5	8,3	96,4	109,6	3,1
New Zealand	2008	24	11 784	92,4	12,6	8,0	94,1	112,8	3,1
New Zealand	2009	24	11 647	92,1	12,4	7,8	100,0	104,9	3,0
New Zealand	2010	24	11 541	92,6	12,5	7,8			3,0
Norway	1990	25	13 770	46,8	11,5	8,7	84,8	53,6	1,9
Norway	1991	25	13 798	46,8	11,3	8,5	85,8	56,6	1,9
Norway	1992	25	13 785	46,8	11,5	8,6	86,8	59,7	1,9
Norway	1993	25	13 773	46,9	12,0	9,1	87,8	62,8	2,0
Norway	1994	25	13 861	47,2	11,3	8,5	88,9	65,8	1,9
Norway	1995	25	13 811	48,1	11,4	8,6	89,9	68,9	2,0
Norway	1996	25	15 052	47,2	11,3	8,4	90,7	75,0	2,0
Norway	1997	25	15 316	49,7	10,9	8,3	92,5	75,0	2,0
Norway	1998	25	15 447	50,3	10,9	8,2	93,5	77,0	2,0
Norway	1999	25	15 516	50,7	10,7	8,0	93,1	80,2	2,0
Norway	2000	25	14 782	51,5	10,1	7,9	93,8	82,8	1,9
Norway	2001	25	15 014	51,9	10,7	7,8	96,8	86,0	2,0
Norway	2002	25	15 280	52,4	10,4	7,9	98,2	90,9	2,0
Norway	2003	25	15 391	52,9	10,2	7,7	97,8	94,0	2,0
Norway	2004	25	15 384	53,7	10,2	7,7	98,5	96,2	2,1
Norway	2005	25	15 441	54,6	10,2	7,7	100,0	100,0	2,1
Norway	2006	25	15 366	55,8	10,3	7,7	101,2	103,1	2,2



Country	Year	country number	KA	SA	CR_p	CR_n	PVI	PTI	RGH GPC
Norway	2007	25	15 572	56,7	10,1	7,6	101,6	106,1	2,2
Norway	2008	25	15 195	57,0	9,8	7,4	103,0	107,8	2,1
Norway	2009	25	15 128	57,3	9,5	7,2	104,9	113,0	2,1
Norway	2010	25	15 275	58,0	9,4	7,1	105,6	117,3	2,1
Poland	1990	26	4 010	18,4	11,8	10,4	95,4	26,1	0,5
Poland	1991	26	5 465	21,2	8,4	7,4	95,6	30,9	0,5
Poland	1992	26	5 806	22,5	7,2	6,4	95,8	35,7	0,5
Poland	1993	26	5 787	23,1	7,1	6,3	96,0	40,5	0,5
Poland	1994	26	5 808	24,3	7,3	6,4	96,2	45,3	0,6
Poland	1995	26	4 900	25,3	7,6	6,7	96,4	50,2	0,6
Poland	1996	26	6 107	26,9	8,0	7,1	86,2	48,9	0,6
Poland	1997	26	6 371	28,2	8,1	7,3	93,4	54,5	0,7
Poland	1998	26	6 556	29,0	8,2	7,4	96,9	60,5	0,7
Poland	1999	26	6 708	30,0	8,9	7,1	98,2	70,1	0,8
Poland	2000	26	5 882	32,0	7,4	6,9	103,0	79,4	0,7
Poland	2001	26	6 069	33,8	7,3	6,8	102,0	85,6	0,7
Poland	2002	26	6 281	35,2	6,8	6,5	102,0	89,0	0,7
Poland	2003	26	6 422	35,6	7,2	6,2	100,7	94,0	0,7
Poland	2004	26	6 676	37,8	7,9	5,9	106,9	98,2	0,8
Poland	2005	26	7 109	38,7	8,2	5,9	100,0	100,0	0,9
Poland	2006	26	7 724	41,8	8,8	5,9	96,9	101,6	1,0
Poland	2007	26	8 286	45,4	9,4	5,8	96,8	105,1	1,1
Poland	2008	26	9 295	49,8	10,0	5,8	93,7	108,9	1,2
Poland	2009	26	9 649	50,9	9,7	5,7	94,0	112,5	1,2
Poland	2010	26	10 085	53,5	10,1	5,7	92,2	121,3	1,2
Portugal	1990	27	6 397	20,7	12,0	7,3	65,4	24,0	1,0
Portugal	1991	27	9 250	23,0	12,4	7,2	67,5	29,0	1,1
Portugal	1992	27	9 978	25,6	12,2	7,1	69,6	34,0	1,2
Portugal	1993	27	10 590	27,7	11,7	7,0	71,6	39,0	1,2
Portugal	1994	27	11 186	29,9	11,4	6,8	73,7	44,0	1,3
Portugal	1995	27	9 039	31,6	11,3	6,5	75,8	49,0	1,3
Portugal	1996	27	11 374	33,8	11,1	7,0	76,6	60,3	1,4
Portugal	1997	27	11 681	36,0	11,0	6,8	77,9	62,0	1,5
Portugal	1998	27	12 052	38,3	11,6	6,6	80,4	65,6	1,6
Portugal	1999	27	12 490	40,7	11,4	6,5	83,3	68,6	1,7

Country	Year	country number	KA	SA	CR_p	CR_n	PVI	PTI	RGH GPC
Portugal	2000	27	10 986	41,8	11,8	6,3	85,6	70,5	1,9
Portugal	2001	27	10 991	43,2	11,2	6,3	88,6	72,9	1,9
Portugal	2002	27	10 955	44,3	10,8	5,8	93,0	77,3	1,9
Portugal	2003	27	10 978	45,0	10,0	5,6	95,8	84,8	1,9
Portugal	2004	27	11 048	46,1	9,3	5,5	97,5	93,7	1,9
Portugal	2005	27	10 952	47,0	9,7	5,4	100,0	100,0	1,8
Portugal	2006	27	10 875	47,9	9,7	5,4	102,7	110,3	1,8
Portugal	2007	27	10 890	48,7	9,6	5,4	102,4	113,0	1,8
Portugal	2008	27	10 760	49,0	9,3	5,2	99,2	116,1	1,7
Portugal	2009	27	10 717	49,4	9,1	5,0	98,4	118,0	1,7
Portugal	2010	27	10 673	49,6	9,0	4,8	97,2	120,2	1,7
Romania	1990	28	1 353	7,9					0,5
Romania	1991	28	1 217	8,1					0,5
Romania	1992	28	1 081	9,0					0,4
Romania	1993	28	946	10,0					0,4
Romania	1994	28	813	11,3					0,4
Romania	1995	28	684	12,2			61,4	10,5	0,4
Romania	1996	28	630	13,2			65,0	10,5	0,6
Romania	1997	28	577	14,4			68,5	10,5	0,5
Romania	1998	28	524	15,6			72,0	10,5	0,5
Romania	1999	28	472	16,5			75,6	23,1	0,4
Romania	2000	28	420	17,3			79,1	35,7	0,5
Romania	2001	28	390	17,8			70,6	42,0	0,6
Romania	2002	28	388	16,3			84,2	65,7	0,6
Romania	2003	28	522	16,9			99,2	74,7	0,6
Romania	2004	28	518	17,6			105,9	86,6	0,6
Romania	2005	28	647	18,4			100,0	100,0	0,6
Romania	2006	28	643	17,7			99,1	110,9	0,6
Romania	2007	28	665	19,5	13,0	5,8	95,8	126,7	0,6
Romania	2008	28	760	22,3	13,1	5,9	104,0	138,6	0,7
Romania	2009	28	808	23,6	13,1	5,9	112,1	144,6	0,7
Romania	2010	28					110,6	154,6	0,7
Singapore	1990	29		16,6					0,6
Singapore	1991	29		16,7					0,8
Singapore	1992	29		16,5					0,7

Country	Year	country number	KA	SA	CR_p	CR_n	PVI	PTI	RGH GPC
Singapore	1993	29		17,0					0,7
Singapore	1994	29		17,3					0,7
Singapore	1995	29		17,7			100,5		0,7
Singapore	1996	29		17,8			100,7	84,9	0,7
Singapore	1997	29		21,6			98,8	86,9	0,7
Singapore	1998	29		18,6			105,2	88,9	0,7
Singapore	1999	29		16,1			115,0	90,9	0,7
Singapore	2000	29		16,2			120,0	92,9	0,7
Singapore	2001	29		16,2	12,7	5,9	119,3	94,9	0,7
Singapore	2002	29	2 499	16,9	13,1	6,1	136,3	97,3	0,7
Singapore	2003	29	2 460	17,3	13,4	6,2	125,1	98,9	0,7
Singapore	2004	29	2 554	17,5	12,9	6,2	118,6	98,9	0,7
Singapore	2005	29	2 646	17,7	12,4	6,1	100,0	100,0	0,7
Singapore	2006	29	2 814	18,2	11,8	6,0	93,3	101,4	0,7
Singapore	2007	29	2 884	18,6	11,6	6,0	102,5	102,8	0,7
Singapore	2008	29	2 376	18,5	13,8	6,1	98,1	103,7	0,7
Singapore	2009	29	2 497	18,6	13,2	6,0	95,0	100,9	0,7
Singapore	2010	29	2 486	18,8	13,2	6,0		100,0	0,7
Slovak Republic	1990	30		22,0	18,5				0,9
Slovak Republic	1991	30		22,8	15,4				0,8
Slovak Republic	1992	30	6 930	23,8	13,3				0,7
Slovak Republic	1993	30	6 982	24,7	13,2				0,7
Slovak Republic	1994	30	7 030	24,4	14,0		103,6	26,6	0,8
Slovak Republic	1995	30	7 079	24,6	14,5		102,5	32,6	0,8
Slovak Republic	1996	30	7 169	25,4	14,8		90,1	40,0	0,8
Slovak Republic	1997	30	7 256	27,0	15,5		92,5	40,4	0,8
Slovak Republic	1998	30	7 341	28,2	16,5		94,6	41,1	0,9
Slovak Republic	1999	30	7 423	28,9	16,1		99,2	50,7	0,9
Slovak Republic	2000	30	7 503	29,5	12,6		102,9	65,5	0,8
Slovak Republic	2001	30	7 460	29,8	13,9		101,7	72,3	0,9
Slovak Republic	2002	30	7 610	30,4	13,8		101,0	72,8	0,9
Slovak Republic	2003	30	7 499	30,8	13,7		105,2	85,7	0,9
Slovak Republic	2004	30	7 273	27,0	13,9		105,8	100,0	1,0
Slovak Republic	2005	30	7 512	29,2	15,4	5,9	100,0	100,0	1,1
Slovak Republic	2006	30	7 504	29,6	15,2	5,7	92,9	100,3	1,1



Country	Year	country number	KA	SA	CR_p	CR_n	PVI	PTI	RGH GPC
Slovak Republic	2007	30	7 446	31,7	18,9	5,7	86,1	103,3	1,2
Slovak Republic	2008	30	7 228	33,9	16,5	5,7	80,9	103,8	1,2
Slovak Republic	2009	30	6 707	34,6	15,3	5,5	72,3	104,1	1,1
Slovak Republic	2010	30	6 824	36,2	15,6	6,7	63,7	104,1	1,2
Slovenia	1990	31	12 545		22,4				1,4
Slovenia	1991	31	12 558	37,3	22,4				1,4
Slovenia	1992	31	12 562	38,0	21,9				1,4
Slovenia	1993	31	12 560	39,4	24,1				1,6
Slovenia	1994	31	12 558	40,6	24,3				1,8
Slovenia	1995	31	12 562	42,9	24,5				1,9
Slovenia	1996	31	12 895	44,5	24,7				2,2
Slovenia	1997	31	13 230	47,3	23,3				2,3
Slovenia	1998	31	13 567	49,4	19,9				1,9
Slovenia	1999	31	13 903	51,1	17,7				1,8
Slovenia	2000	31	14 237	52,0	18,0	5,9	89,0	65,0	1,9
Slovenia	2001	31	14 388	52,5	17,7	5,8	93,2	72,7	2,0
Slovenia	2002	31	14 504	54,0	16,9	5,6	98,3	81,3	1,9
Slovenia	2003	31	14 533	52,3	16,7	5,5	102,8	90,8	2,0
Slovenia	2004	31	14 763	53,3	17,8	5,9	105,5	96,5	2,1
Slovenia	2005	31	14 905	56,2	17,2	6,0	100,0	100,0	2,2
Slovenia	2006	31	15 130	56,8	16,9	5,9	93,3	102,2	2,3
Slovenia	2007	31	15 872	58,3	16,9	5,9	89,6	104,3	2,6
Slovenia	2008	31	16 113	60,4	17,1	6,0	86,4	107,5	3,0
Slovenia	2009	31	16 694	60,3	17,2	5,8	81,7	111,5	2,6
Slovenia	2010	31	16 604	61,7	17,2	5,8	72,6	117,7	2,5
Spain	1990	32	6 647	37,5		6,9	79,7	57,8	1,4
Spain	1991	32	6 849	39,8	18,2	6,8	81,0	60,8	1,5
Spain	1992	32	7 048	41,2	18,5	6,8	82,3	63,7	1,5
Spain	1993	32	7 246	41,6	17,7	6,7	83,5	66,6	1,5
Spain	1994	32	7 446	42,1	18,0	6,6	84,8	69,5	1,6
Spain	1995	32	7 647	43,3	17,0	6,7	86,1	72,5	1,6
Spain	1996	32	8 037	44,6	17,3	7,0	87,3	80,5	1,7
Spain	1997	32	8 429	45,8	16,6	6,8	88,9	80,5	1,7
Spain	1998	32	8 823	47,7	17,3	6,7	89,6	80,9	1,9
Spain	1999	32	9 222	49,7	17,3	6,5	90,2	83,0	1,9



Country	Year	country number	KA	SA	CR_p	CR_n	PVI	PTI	RGH GPC
Spain	2000	32	9 625	50,8	17,0	6,4	91,7	85,4	2,0
Spain	2001	32	9 678	52,2	17,0	6,3	93,4	87,4	2,0
Spain	2002	32	10 266	53,0	16,6	5,8	95,0	91,0	2,0
Spain	2003	32	10 328	52,0	16,6	5,8	96,8	94,3	2,1
Spain	2004	32	10 506	51,2	16,4	5,8	98,3	96,9	2,1
Spain	2005	32	10 536	54,6	16,0	5,7	100,0	100,0	2,1
Spain	2006	32	10 365	55,9	16,0	5,7	102,3	103,7	2,2
Spain	2007	32	10 506	56,8	15,7	5,6	103,5	108,1	2,2
Spain	2008	32	10 378	57,0	15,2	5,5	102,7	112,1	2,0
Spain	2009	32	10 558	56,2	14,6	5,2	99,8	118,3	1,9
Spain	2010	32	10 294	57,3	14,2	5,2	99,1	124,0	1,8
Sweden	1990	33	13 609	58,6	16,0	8,5	112,7	54,1	3,0
Sweden	1991	33	13 576	51,3	15,0	8,6	111,9	56,7	2,8
Sweden	1992	33	13 571	50,7	15,2	8,5	111,1	59,2	2,9
Sweden	1993	33	13 589	50,2	18,9	8,4	110,3	61,8	3,5
Sweden	1994	33	13 584	50,3	17,9	8,4	109,4	64,3	3,4
Sweden	1995	33	13 579	50,6	18,5	8,5	108,6	66,9	3,6
Sweden	1996	33	11 868	51,2	20,3	9,2	111,9	65,5	3,9
Sweden	1997	33	11 963	51,5	19,2	8,9	108,4	68,7	3,7
Sweden	1998	33	12 488	52,7	17,8	8,6	107,3	75,2	3,4
Sweden	1999	33	13 797	53,9	18,6	8,4	105,5	75,8	3,7
Sweden	2000	33	14 014	55,3	19,0	8,3	103,2	80,0	3,8
Sweden	2001	33	14 019	55,3	18,5	8,4	99,3	82,7	3,7
Sweden	2002	33	14 308	55,3	18,1	7,7	99,1	85,8	3,8
Sweden	2003	33	14 318	55,4	18,5	7,7	100,1	90,1	3,9
Sweden	2004	33	14 300	55,5	19,2	7,6	100,6	97,7	4,1
Sweden	2005	33	14 225	55,7	19,2	7,5	100,0	100,0	4,1
Sweden	2006	33	14 053	55,9	19,8	7,3	100,3	99,7	4,3
Sweden	2007	33	14 222	56,0	22,7	7,0	99,9	93,9	4,9
Sweden	2008	33	13 863	55,7	21,0	6,7	98,4	92,8	4,5
Sweden	2009	33	13 949	55,4	20,7	6,3	100,2	97,4	4,5
Sweden	2010	33	13 921	55,4	21,0	6,0	103,1	102,1	4,4
Switzerland	1990	34	13 981	53,7	12,3	12,3	89,5	85,0	2,2
Switzerland	1991	34	12 695	54,4	12,4	12,4	90,2	86,0	2,2
Switzerland	1992	34	14 038	54,4	12,8	12,8	90,9	87,0	2,2

Country	Year	country number	KA	SA	CR_p	CR_n	PVI	PTI	RGH GPC
Switzerland	1993	34	15 764	54,2	12,1	12,1	91,6	87,9	2,1
Switzerland	1994	34	14 650	54,9	11,8	11,8	92,3	88,9	2,1
Switzerland	1995	34	13 550	55,7	11,2	11,2	93,0	89,9	2,0
Switzerland	1996	34	14 182	56,1	11,1	9,0	93,7	90,8	2,0
Switzerland	1997	34	14 246	57,0	11,4	8,8	94,4	91,8	2,1
Switzerland	1998	34	14 355	57,8	11,3	8,7	95,1	92,7	2,1
Switzerland	1999	34	14 479	58,8	11,5	8,6	95,8	93,7	2,2
Switzerland	2000	34	14 089	59,7	11,3	8,4	96,5	94,7	2,2
Switzerland	2001	34	13 948	60,7	10,8	8,3	97,2	95,6	2,1
Switzerland	2002	34	13 937	61,2	10,5	7,9	97,9	96,6	2,1
Switzerland	2003	34	13 878	61,4	10,4	8,0	98,6	97,6	2,1
Switzerland	2004	34	13 874	61,8	10,3	7,8	99,3	98,5	2,1
Switzerland	2005	34	13 870	62,1	10,3	7,9	100,0	100,0	2,1
Switzerland	2006	34	13 845	62,0	10,3	7,8	100,7	100,0	2,1
Switzerland	2007	34	13 814	62,2	10,4	7,9	101,4	100,3	2,1
Switzerland	2008	34	13 213	61,8	10,5	8,0	102,3	103,5	2,1
Switzerland	2009	34	13 358	61,2	10,6	8,1	102,7	103,5	2,1
Switzerland	2010	34	13 570	61,1	10,7	8,1	102,2	104,0	2,1
Turkey	1990	35	785	5,0	36,2	25,6			0,5
Turkey	1991	35	738	5,4	35,4	25,1			0,4
Turkey	1992	35	787	6,0	33,5	23,7			0,5
Turkey	1993	35	829	6,9	37,8	26,7			0,5
Turkey	1994	35	821	7,5	35,9	25,4			0,5
Turkey	1995	35	892	7,7	34,9	24,7			0,5
Turkey	1996	35	1 025	8,1	31,5	22,3	4,3	2,9	0,6
Turkey	1997	35	1 130	8,6	26,7	18,9	7,7	5,0	0,5
Turkey	1998	35	1 186	9,0	23,4	16,6	13,5	8,5	0,5
Turkey	1999	35	1 157	9,3	24,9	17,6	20,5	16,3	0,5
Turkey	2000	35	1 276	10,0	22,8	16,1	31,4	29,0	0,5
Turkey	2001	35	1 169	10,0	23,8	16,8	47,8	48,1	0,5
Turkey	2002	35	1 123	10,0	24,6	17,4	80,7	65,9	0,5
Turkey	2003	35	1 128	9,9	24,7	17,4	95,4	75,8	0,5

Country	Year	country number	KA	SA	CR_p	CR_n	PVI	PTI	RGH GPC
Turkey	2004	35	1 123	11,2	25,3	17,9	99,7	86,1	0,5
Turkey	2005	35	1 177	11,7	13,7	9,7	100,0	100,0	0,5
Turkey	2006	35	1 229	12,2	12,7	9,0	108,6	106,3	0,6
Turkey	2007	35	1 279	12,7	11,7	8,3	110,8	113,6	0,6
Turkey	2008	35	1 327	13,2	10,8	7,6	107,2	125,9	0,6
Turkey	2009	35	1 374	13,4	9,8	6,9	105,6	139,2	0,6
Turkey	2010	35	1 496	13,8	6,7	4,7	112,5	143,2	0,6
United Kingdom	1990	36	13 670	45,8	11,4	7,3	122,8	54,4	2,1
United Kingdom	1991	36	14 149	44,7	11,3	7,3	121,3	57,6	2,0
United Kingdom	1992	36	14 172	45,1	11,4	7,3	119,9	60,8	2,1
United Kingdom	1993	36	14 188	45,7	11,4	7,3	118,4	64,0	2,1
United Kingdom	1994	36	14 424	46,7	11,1	7,2	116,9	67,2	2,1
United Kingdom	1995	36	14 147	46,9	10,7	7,3	115,5	70,4	2,0
United Kingdom	1996	36	14 480	48,7	10,8	7,7	113,8	76,2	2,1
United Kingdom	1997	36	14 547	49,9	10,6	7,7	116,2	78,0	2,1
United Kingdom	1998	36	14 601	50,7	10,3	7,7	115,3	81,3	2,1
United Kingdom	1999	36	14 652	52,0	10,2	7,5	111,5	84,2	2,1
United Kingdom	2000	36	14 389	52,6	10,0	7,4	105,9	85,7	2,0
United Kingdom	2001	36	14 598	53,7	9,8	7,2	102,4	89,3	2,0
United Kingdom	2002	36	14 985	54,8	9,7	6,7	101,5	91,5	2,1
United Kingdom	2003	36	14 821	55,5	9,6	6,6	100,9	92,5	2,0
United Kingdom	2004	36	14 849	56,7	9,5	6,6	101,1	96,3	2,0
United Kingdom	2005	36	14 623	55,7	9,2	6,5	100,0	100,0	2,0
United Kingdom	2006	36	14 682	55,8	9,0	6,4	99,5	104,2	2,0
United Kingdom	2007	36	14 623	56,2	8,8	6,3	99,5	109,4	2,0
United Kingdom	2008	36	14 390	56,0	8,5	6,0	97,4	114,2	1,9
United Kingdom	2009	36	14 185	55,3	8,0	5,7	98,7	120,6	1,8
United Kingdom	2010	36	13 778	55,1	7,7	5,5	103,0	130,5	1,8
United States	1990	37	17 599	95,3	15,1	9,2	104,3	35,4	5,2
United States	1991	37	17 605	95,3	14,6	9,3	104,1	41,4	5,0
United States	1992	37	17 975	95,2	14,5	9,3	103,9	44,8	5,1
United States	1993	37	18 140	95,2	14,6	9,3	96,0	46,1	5,2
United States	1994	37	18 404	95,2	14,4	9,3	99,9	52,8	5,2
United States	1995	37	18 693	95,2	14,2	9,4	104,0	56,0	5,2
United States	1996	37	18 948	96,3	14,1	9,4	105,6	61,1	5,3

Country	Year	country number	KA	SA	CR_p	CR_n	PVI	PTI	RGH GPC
United States	1997	37	19 274	95,5	13,9	9,4	105,1	63,1	5,3
United States	1998	37	19 542	95,8	14,0	9,3	104,7	64,1	5,4
United States	1999	37	19 722	96,8	14,1	9,4	104,7	67,4	5,5
United States	2000	37	19 873	97,8	13,9	9,3	105,4	72,2	5,5
United States	2001	37	19 890	101,0	13,7	9,4	106,0	78,2	5,4
United States	2002	37	20 159	99,5	13,7	9,3	103,8	82,8	5,5
United States	2003	37	20 185	99,4	13,6	9,1	100,9	90,8	5,5
United States	2004	37	20 504	100,8	13,5	9,2	98,5	96,0	5,5
United States	2005	37	20 456	101,4	13,4	9,0	100,0	100,0	5,5
United States	2006	37	20 345	101,5	13,3	8,9	100,0	107,7	5,5
United States	2007	37	20 262	101,8	13,3	8,7	98,6	129,3	5,4
United States	2008	37	19 952	101,4	12,7	8,6	97,6	144,6	5,1
United States	2009	37	19 476	98,8	12,4	7,2	97,8	151,7	5,0
United States	2010	37	19 575	98,8	12,1	7,2	101,6	156,2	4,9



Year	country number	Ecotax	PM	Parking	FP	VC	Oil	FC	tnv_13 k	tnv_97k
1990	1			451,9	73,8	45,7	39,9			
1991	1			462,5	73,7	47,3	32,5			
1992	1			473,2	72,6	45,9	31,7			
1993	1			483,8	65,1	44,6	27,4			
1994	1	2,3		494,4	65,5	49,9	25,6			
1995	1	2,56		505,0	67,1	54,2	26,4			
1996	1	2,48		515,8	71,8	51,9	30,4			
1997	1	2,78		526,9	67,2	54,9	28,7			
1998	1	2,84		538,2	52,3	48,3	19,3			
1999	1	2,71		549,8	54,9	46,5	26,2			
2000	1	2,4	247,9	561,6	59,7	47,5	39,3			
2001	1	2,33	275,2		51,4	41,6	29,6			
2002	1	2,32	300,4		51,8	40,7	27,9			
2003	1	2,25	326,1		62,2	45,1	32,8			
2004	1	2,22	351,5		75,4	54,6	42,0			
2005	1	2,05	379,2		90,3	57,9	56,7			
2006	1	1,97	337,5		97,3	56,9	64,4	7,2	1300	20993
2007	1	1,89	486,9		102,1	58,0	72,8	7,4	1300	20993
2008	1	1,78	572,2		115,8	64,8	97,5	7,9	1300	20993
2009	1	1,82	494,3		97,0	51,5	65,8	6,5	1624	28361
2010	1	1,76	495,2		109,9	59,3	81,9	7,6	1948	35729
1990	2	1,76			123,6	76,9	38,4			
1991	2	1,71			111,4	74,5	31,3			
1992	2	1,65			114,0	69,5	29,6			
1993	2	1,96			104,3	67,2	25,1			
1994	2	1,9			105,1	64,9	23,2			
1995	2	2,02		210,0	126,2	71,8	24,5			
1996	2	2,24		211,5	119,0	75,3	28,5			
1997	2	2,46		213,0	104,4	74,9	26,6			
1998	2	2,37		214,5	93,4	109,9	17,9	18,3		
1999	2	2,39		216,0	87,8	100,1	24,4	17,3		
2000	2	2,51		217,5	87,2	84,6	37,5	14,7		
2001	2	2,74		219,0	78,8	79,4	27,3	14,5		
2002	2	2,78		220,5	78,6	90,1	26,1	13,6		
2003	2	2,85		222,0	92,6	116,8	30,9	14,4		
2004	2	2,81		223,5	109,0	141,9	39,1	13,7	3380	32980

Year	country number	Ecotax	PM	Parking	FP	VC	Oil	FC	tnv_13 k	tnv_97k
2005	2	2,74		225,0	120,7	143,5	53,2	13,4	3380	32980
2006	2	2,58	443,2	226,6	125,3	147,4	63,5	13,3	3380	32980
2007	2	2,52	443,2	228,1	136,5	176,4	69,3	7,2	3380	32980
2008	2	2,51	461,0	229,7	163,3	203,7	96,3	7,5	3380	32980
2009	2	2,53	426,1	231,3	125,4	184,3	68,9	7,0	3380	32980
2010	2	2,48	545,9	232,9	133,9	87,9	86,2		3380	32980
1990	3	1,78		261,5	112,4	65,0	37,5			
1991	3	1,84		264,2	109,4	67,1	30,6			
1992	3	1,98		266,8	114,2	72,7	29,4			
1993	3	2,17		269,5	105,6	72,6	25,2			
1994	3	2,21		272,3	107,6	73,3	23,4			
1995	3	2,25		275,0	117,4	71,9	24,9			
1996	3	2,43		277,8	118,5	72,2	28,9			
1997	3	2,44		280,5	104,2	71,5	26,9			
1998	3	2,4		283,3	94,1	69,4	18,1	9,6		
1999	3	2,39		286,2	90,7	65,1	24,6	9,0		
2000	3	2,25		289,0	92,1	56,0	37,6	7,7		
2001	3	2,26			83,5	52,4	26,2	7,8		
2002	3	2,2			81,3	55,6	26,0	8,2		
2003	3	2,23			99,0	65,5	29,1	9,7		
2004	3	2,33			120,9	76,7	36,3	10,5	2792	25327
2005	3	2,34			135,8	83,2	50,1	9,6	2792	25327
2006	3	2,15			137,4	80,1	60,0	8,5	2792	25327
2007	3	2,09	289,3		147,8	86,2	67,9	9,2	2792	25327
2008	3	1,96	208,3		171,1	91,8	88,7	9,4	2792	25327
2009	3	2	401,7		135,6	84,9	68,5	8,9	2792	25327
2010	3	2,05	613,7		147,6	88,1			2792	25327
1990	4									
1991	4									
1992	4									
1993	4									
1994	4									
1995	4				55,0					
1996	4				59,4					
1997	4				62,3		40,2			
1998	4	2,17			70,9		23,0			

Year	country number	Ecotax	PM	Parking	FP	VC	Oil	FC	tnv_13 k	tnv_97k
1999	4	2,52			72,0		30,9			
2000	4	2,56			72,3		43,9			
2001	4	3,03		180,0	69,3		35,3			
2002	4	2,55		194,0	68,2		34,2			
2003	4	3,16		208,0	80,8		38,7			
2004	4	3,45		222,0	93,0		47,6	3,3		
2005	4	3,05		236,0	98,5		64,0	3,1		
2006	4	3,16		250,0	103,8		71,9	2,9		
2007	4	3,4		264,0	116,9		73,4			
2008	4	3,60	351,7	278,0	143,7	70,6	89,1			
2009	4		380,0	292,0	107,3	59,3	55,2			
2010	4		159,4	306,0	116,9	58,5	69,6			
1990	5			320,0	76,8	26,1	33,0		2623,7	19577
1991	5			334,0	74,4	28,3	26,9		2022,8	15093
1992	5			348,0	66,2	27,9	24,8		2022,8	15093
1993	5			362,0	59,6	26,2	21,5		2022,8	15093
1994	5	1,67		376,0	57,3	24,9	20,3		2022,8	15093
1995	5	1,69		390,0	57,7	24,2	21,7		2022,8	15093
1996	5	1,67		393,9	58,7	24,1	25,6		2022,8	15093
1997	5	1,65		397,8	57,6	23,4	24,4		2022,8	15093
1998	5	1,61		401,8	49,7	21,5	15,4		2022,8	15093
1999	5	1,5		405,8	51,6	21,1	20,6		2022,8	15093
2000	5	1,38	118,9	409,9	60,1	21,6	32,6		2022,8	15093
2001	5	1,34	130,1		55,0	20,2	27,2		2022,8	15093
2002	5	1,4	141,4		52,4	19,2	26,7		2022,8	15093
2003	5	1,39	153,8		57,8	21,2	30,7		2022,8	15093
2004	5	1,32	160,8		67,2	22,8	39,0	5,6	2022,8	15093
2005	5	1,25	170,5		80,3	25,2	52,4	6,2	2022,8	15093
2006	5	1,22	198,4		87,2	29,1	63,1	6,9	1952,6	14569
2007	5	1,19	214,4		93,0	29,6	67,2	7,5	1882,4	14046
2008	5	1,18	226,0		104,3	29,8	95,1	7,7	1815	13703
2009	5	1,28	218,3		79,4	25,6	56,4	7,5	1795	14474
2010	5	1,28	240,3		95,5	30,5	72,3	8,5	1775	15245
1990	6				26,3					
1991	6				81,0					
1992	6				82,4					



Year	country number	Ecotax	PM	Parking	FP	VC	Oil	FC	tnv_13 k	tnv_97k
1993	6				81,4	72,7				
1994	6	2,65			82,2	46,3				
1995	6	2,67		30,0	87,9	60,2	32,0			
1996	6	2,58		31,5	86,7	56,4	34,8			
1997	6	2,57		33,0	79,4	53,8	30,3			
1998	6	2,54		34,5	75,1	49,5	18,6	6,4		
1999	6	2,68		36,0	71,9	50,6	25,1	6,7		
2000	6	2,56		37,5	78,6	46,0	37,9	6,2		
2001	6	2,66		39,0	74,5	42,6	25,3	5,7		
2002	6	2,6		40,5	76,6	48,3	24,5	6,4		
2003	6	2,62		42,0	87,7	62,7	29,5	8,2		
2004	6	2,72		43,5	103,2	72,2	35,5	9,3	3270	19230
2005	6	2,83		45,0	117,3	76,9	51,3	9,3	3270	19230
2006	6	2,68	273,6	46,8	125,2	80,7	60,5	6,7	3270	19230
2007	6	2,71	281,5	48,7	134,6	142,0	65,0	4,9	3270	19230
2008	6	2,71	299,4	50,6	165,6	157,9	87,1	4,9	3270	19230
2009	6	2,7	353,1	52,6	127,3	136,7	65,4	4,6	3270	19230
2010	6	2,81	257,9	54,7	146,5	92,7	81,7		3270	19230
1990	7	1,71		209,2	95,8		37,6			
1991	7	1,65		211,3	94,7		30,9			
1992	7	1,96		213,5	98,5		29,8			
1993	7	1,84		215,6	94,3		25,9			
1994	7	4		217,8	92,9		24,1			
1995	7	4,32		220,0	109,8		25,5			
1996	7	4,53		222,2	122,5	74,8	29,6			
1997	7	4,61		224,4	110,6	77,3	27,4			
1998	7	4,98		226,7	104,9	75,7	18,2	7,5		
1999	7	5,17		228,9	108,9	72,4	24,5	6,9		
2000	7	4,8		231,2	109,1	67,9	37,3	5,9		
2001	7	4,67			101,0	66,0	26,7	6,1		
2002	7	4,84			103,8	68,2	26,2	6,5		
2003	7	4,65			121,3	79,5	30,6	7,8		
2004	7	4,78			131,1	88,5	39,5	8,8		
2005	7	4,84			138,5	91,0	54,4	8,1		
2006	7	4,79			143,6	92,4	65,7	8,0	19944	229944
2007	7	4,58	507,9		153,7	99,4	72,3	8,6	19944	229944



Year	country number	Ecotax	PM	Parking	FP	VC	Oil	FC	tnv_13k	tnv_97k
2008	7	4,32	442,2		175,4	109,7	90,0	8,9	19944	229944
2009	7	3,99	513,3		146,4	97,2	68,3	8,3	19275	229275
2010	7	4,03	577,2		156,5	96,0	84,9		18605	228605
1990	8									
1991	8									
1992	8									
1993	8						72,1			
1994	8	0,71					46,4			
1995	8	0,86			62,1		38,9			
1996	8	1,21			34,9		37,4			
1997	8	1,48			42,7		32,0			
1998	8	1,76			47,4		20,1			
1999	8	1,6			54,7		26,7			
2000	8	1,46			73,8		40,3			
2001	8	1,89			74,9		32,9			
2002	8	1,8			72,2		32,5			
2003	8	1,76			72,7		37,2	1,5		
2004	8	1,99			83,1	57,9	47,2	1,6		
2005	8	2,17			99,4	58,6	64,0	1,5		
2006	8	2,07			105,4	58,2	73,9			
2007	8	2,03	258,0		112,5	59,5	76,7			
2008	8	2,26	242,0		146,1	77,6	94,8			
2009	8	2,66	278,0		115,4	72,0	60,4			
2010	8	2,95	255,3		131,6	75,4	73,1			
1990	9	2,24		385,0	137,2	51,1	35,2			
1991	9	2,11		385,0	129,8	51,2	28,5			
1992	9	2,26		385,0	109,6	49,5	27,3			
1993	9	2,66		385,0	94,4	52,2	23,6			
1994	9	2,69		385,0	101,1	61,1	22,2			
1995	9	2,89		385,0	124,9	67,9	23,7			
1996	9	3,13		385,0	127,2	68,7	27,9			
1997	9	3,35		385,0	110,4	68,2	26,0			
1998	9	3,33		385,0	105,4	71,5	17,4	9,1		
1999	9	3,44		385,0	105,0	66,0	23,7	8,5		
2000	9	3,15		385,0	103,5	57,2	36,0	7,2		
2001	9	2,98		385,0	94,9	53,7	24,3	6,8		

Year	country number	Ecotax	PM	Parking	FP	VC	Oil	FC	tnv_13 k	tnv_97k
2002	9	3,07		385,0	94,7	55,0	25,0	7,0		
2003	9	3,21		385,0	113,6	72,0	28,0	8,4		
2004	9	3,25		385,0	126,8	80,0	36,4	9,2		
2005	9	3,09		385,0	134,7	80,3	51,1	9,1		
2006	9	3,01		385,0	139,3	79,8	62,4	9,0	7840	63880
2007	9	2,74	430,1	385,0	147,6	84,8	67,7	9,6	7840	63880
2008	9	2,72	450,1	385,0	177,1	97,0	87,5	9,9	7840	63880
2009	9	2,62	429,4	385,0	143,2	83,8	68,4	9,4	7423,5	71088
2010	9	2,8	411,6	385,0	149,8	81,8	85,0		7007	78295
1990	10	1,98	125,9	168,0	119,3		35,9			
1991	10	1,97	138,1	169,1	109,6	49,5	29,3			
1992	10	1,96	149,6	170,3	109,9	47,4	23,4			
1993	10	2,04	161,3	171,4	103,1	39,2	19,4			
1994	10	2,15	172,6	172,5	106,0	37,3	18,7			
1995	10	2,35	184,4	173,7	117,4	40,4	20,0			
1996	10	2,36	195,2	174,8	120,2	52,8	23,8			
1997	10	2,26	204,7	175,9	106,0	45,3	21,5			
1998	10	2,33	213,2	177,1	98,9	125,3	14,0	3,2		
1999	10	2,35	221,6	178,2	97,8	117,1	19,5	3,1		
2000	10	2,24	232,7	179,3	96,9	99,9	31,0	2,6		
2001	10	2,12	247,3	180,5	86,3	97,7	26,1	2,5		
2002	10	2,15	263,0	181,6	86,5	103,0	26,1	2,4		
2003	10	2,07	279,8	182,7	102,9	124,2	30,0	2,7		
2004	10	2,11	297,2	183,9	119,8	141,5	38,3	2,8	2748	20812
2005	10	1,97	314,0	185,0	131,5	145,4	52,7	2,7	2748	20812
2006	10	1,92	322,8		135,8	145,8	62,6	2,7	2748	20812
2007	10	1,82	334,4		146,1	158,8	70,0	2,9	2748	20812
2008	10	1,79	351,0		170,9	174,3	92,0	3,0	2748	20812
2009	10	1,84	339,7		131,9	157,2	58,0	2,9	2748	20812
2010	10	1,82	305,8		140,4	96,5	73,8		2748	20812
1990	11	2,31		189,0	103,3					
1991	11	2,31		190,9	106,2	61,5	26,8			
1992	11	2,32		192,8	113,0	63,1	24,0			
1993	11	2,32		194,8	103,4	61,9	20,3			
1994	11	2,42		196,8	112,2	67,1	18,5			
1995	11	2,35		198,8	122,3	65,7	19,6			

Year	country number	Ecotax	PM	Parking	FP	VC	Oil	FC	tnv_13 k	tnv_97k
1996	11	2,25		200,7	119,7	65,9	23,4			
1997	11	2,16		202,7	104,1	64,9	21,1			
1998	11	2,15		204,8	94,7	63,8	13,7	13,6		
1999	11	2,28		206,8	95,7	65,6	19,2	12,8		
2000	11	2,36		208,9	95,5	62,3	30,3	11,0		
2001	11	2,55			91,6	63,4	25,5	10,9		
2002	11	2,54	272,2		97,0	70,1	25,5	9,8		
2003	11	2,68	276,8		119,0	88,6	29,4	9,8		
2004	11	2,56	281,5		132,8	97,1	37,2	8,6	2470	18430
2005	11	2,49	286,2		141,7	128,2	52,3	6,9	2470	18430
2006	11	2,42	291,0		145,3	128,4	62,3	6,8	2470	18430
2007	11	2,24	296,6		160,8	151,6	68,9	4,4	2470	18430
2008	11	2,21	297,5		180,9	163,4	90,7	4,6	2470	18430
2009	11	2,29	306,3		149,2	147,3	57,2	4,4	2470	18430
2010	11	2,2	267,7		155,4	103,0	72,2		2470	18430
1990	12	1,60		214,0	87,9	45,4	79,0			
1991	12	1,34		216,1	91,4	70,4	55,7			
1992	12	2,02		218,3	99,4	90,7	47,3			
1993	12	2,54		220,5	99,0	81,6	36,4			
1994	12	2,68		222,8	89,8	75,0	31,2			
1995	12	2,51		225,0	94,7	72,7	30,9			
1996	12	2,52		227,3	96,7	71,9	33,8			
1997	12	2,32		229,5	86,7	68,7	30,3			
1998	12	2,12		231,8	75,3	64,3	19,6			
1999	12	1,87		234,1	75,5	59,5	26,3			
2000	12	2,39		236,5	77,5	49,3	40,0			
2001	12	2,6			70,2	45,1	26,5			
2002	12	2,39			71,1	45,9	26,6			
2003	12	2,24			84,2	53,7	28,9			
2004	12	2,23			101,0	59,5	35,8		4030	66930
2005	12	2,18			109,5	62,4	50,3		4030	66930
2006	12	2,11			117,0	63,9	59,1		4030	66930
2007	12	2,16	319,6		129,4	71,2	65,9		4030	66930
2008	12	2,13	323,3		151,7	85,1	84,6		4030	66930
2009	12	2,15	348,5		125,1	74,0	66,2		4030	66930
2010	12	2,15	289,7		160,9	89,3	80,6		4030	66930



Year	country number	Ecotax	PM	Parking	FP	VC	Oil	FC	tnv_13 k	tnv_97k
1990	13			147,4	101,2		228,1			
1991	13			148,9	95,2		143,2			
1992	13			150,4	103,7		114,5			
1993	13			151,9	101,9		82,4			
1994	13	2,94		153,5	95,1		65,9			
1995	13	2,85		155,0	94,2		55,4			
1996	13	2,81		156,6	93,8		53,1			
1997	13	2,86		158,1	88,7		42,4			
1998	13	3,37		159,7	82,3	170,8	25,2	3,5		
1999	13	3,31		161,3	87,1	151,8	31,5	3,5		
2000	13	3,01		162,9	89,8	123,2	45,1	3,2		
2001	13	2,86			83,3	110,3	35,6	2,8		
2002	13	2,78			88,9	112,5	34,6	4,1		
2003	13	2,73			104,2	82,3	38,3	6,1		
2004	13	3			116,1	87,0	46,9	7,8		
2005	13	2,98			128,6	87,7	64,0	8,7		
2006	13	3,02			126,2	78,0	74,2	8,4	5765	44852
2007	13	3,05	339,3		137,8	82,2	76,1	9,9	5765	44852
2008	13	2,91	365,9		139,1	88,5	97,9	10,0	5765	44852
2009	13	2,79	365,6		150,5	72,0	59,8	9,1	5143	40660
2010	13	1,95	291,9		141,2	78,1	73,1		4521	36467
1990	14						46,3			
1991	14						36,5			
1992	14						34,5			
1993	14						29,3			
1994	14	2,74					27,4			
1995	14	2,88					29,1			
1996	14	3,04			109,0		33,6			
1997	14	3,06			113,1		31,3			
1998	14	3,05			106,8		20,9			
1999	14	3,17			110,1		27,8			
2000	14	2,98			126,6		41,5			
2001	14	2,4			129,5		33,6			
2002	14	2,28			120,9		32,8			
2003	14	2,53			118,9		37,2			
2004	14	2,7			126,7		47,1		7085	67415



Year	country number	Ecotax	PM	Parking	FP	VC	Oil	FC	tnv_13 k	tnv_97k
2005	14	2,97			130,0		64,0		7085	67415
2006	14	2,8			141,3		72,3		7085	67415
2007	14	2,7			140,4		76,2		7085	67415
2008	14	2,03			175,9		92,2		7085	67415
2009	14	1,85			191,0		52,4		7085	67415
2010	14	2,16			0,0		65,4		7085	67415
1990	15	3,66			142,9	95,8	42,1			
1991	15	3,39			133,2	90,9	34,4			
1992	15	3,28			131,8	87,3	32,8			
1993	15	3,11			109,4	86,6	28,5			
1994	15	3,18			109,0	88,4	26,4			
1995	15	2,97			113,1	85,7	27,8			
1996	15	3			115,4	89,4	32,4			
1997	15	2,91			109,0	91,2	30,2			
1998	15	2,87			97,4	88,0	20,0			
1999	15	2,9			90,6	78,8	27,1			
2000	15	2,8			88,7	66,4	40,3			
2001	15	2,28			84,1	54,7	28,7			
2002	15	2,3			83,1	54,1	27,6			
2003	15	2,28			100,0	71,0	31,0	17,0		
2004	15	2,45			117,3	84,9	40,2	18,2	7297	70671
2005	15	2,46			129,2	87,2	55,2	17,8	7297	70671
2006	15	2,44			134,3	86,3	63,9	17,3	7297	70671
2007	15	2,43	539,9		141,2	89,5	68,0		7297	70671
2008	15	2,44	575,9		166,0	98,3	88,5		7297	70671
2009	15	2,34	506,1		133,2	95,4	68,4		7297	70671
2010	15	2,5	31,3		147,9	105,2	86,4		7297	70671
1990	16				148,8	81,5	37,7			
1991	16				149,4	93,9	29,2			
1992	16				146,8	91,2	26,6			
1993	16				118,9	92,9	22,1			
1994	16	3,75			115,7	90,9	20,7			
1995	16	3,79			121,8	93,8	21,5			
1996	16	3,69			131,2	92,7	25,1			
1997	16	3,64			117,9	91,2	22,6			
1998	16	3,41			109,1	112,9	14,3	3,8		

Year	country number	Ecotax	PM	Parking	FP	VC	Oil	FC	tnv_13 k	tnv_97k
1999	16	3,51			108,0	106,2	19,8	3,3		
2000	16	3,2		171,2	103,0	90,5	31,3	2,6		
2001	16	3,05		172,9	94,4	86,1	26,2	2,5		
2002	16	2,88		174,7	96,5	92,3	26,0	2,6		
2003	16	2,99		176,4	114,7	110,0	29,8	3,1		
2004	16	2,82		178,2	127,6	121,9	37,3	3,3	2806	20360
2005	16	2,79		180,0	142,9	125,4	51,3	3,3	2806	20360
2006	16	2,77		181,8	146,7	122,7	61,2	3,2	2806	20360
2007	16	2,67	439,2	183,6	155,7	132,9	67,5	3,5	2806	20360
2008	16	2,51	363,7	185,5	179,9	145,2	90,0	3,6	2806	20360
2009	16	2,71	536,4	187,3	143,8	129,2	56,1	3,4	2806	20360
2010	16	2,6	434,3	189,2	150,7	96,1	71,9		2806	20360
1990	17	1,76		78,5	114,8		24,1			
1991	17	1,76		79,2	121,1		20,7			
1992	17	1,75		80,0	120,4		19,5			
1993	17	1,75		80,9	118,7		17,4			
1994	17	1,69		81,7	128,2		16,3			
1995	17	1,71		82,5	126,2	109,8	17,9			
1996	17	1,74		94,0	104,4	105,2	20,4			
1997	17	1,69		105,5	94,1	100,4	20,0			
1998	17	1,73		117,0	81,5	97,1	13,2			
1999	17	1,77		128,5	92,6	104,6	16,9			
2000	17	1,75		140,0	96,6	107,8	28,1			
2001	17	1,77			87,7	103,9	24,7			
2002	17	1,79			83,0	103,2	24,8			
2003	17	1,8			89,8	106,1	29,2			
2004	17	1,76			98,7	108,8	36,5	9,1	1300	9700
2005	17	1,76			104,9	108,6	51,6	8,9	1300	9700
2006	17	1,72	703,7		106,9	106,3	63,9	8,5	1300	9700
2007	17	1,67	704,1		105,7	105,7	69,9	8,3	1300	9700
2008	17	1,6	561,3		132,4	109,0	99,3	9,4	1300	9700
2009	17	1,68	526,6		111,1	100,5	61,1	10,5	1300	9700
2010	17	1,61	646,8		128,6	54,4	80,3	11,3	1300	9700
1990	18			28,5	50,8		53,3			
1991	18			28,8	53,6		41,1			
1992	18			29,1	56,5		38,0			



Year	country number	Ecotax	PM	Parking	FP	VC	Oil	FC	tnv_13 k	tnv_97k
1993	18			29,4	59,7		32,0			
1994	18	2		29,7	61,2		28,6			
1995	18	2,16		30,0	62,8		29,5			
1996	18	2,44		30,3	70,0		33,3			
1997	18	2,58		30,6	74,6		30,2			
1998	18	2,59		30,9	69,0		19,1			
1999	18	2,65		31,2	80,3		26,0			
2000	18	2,79		31,5	86,7	31,4	39,9			
2001	18	3,05			76,0	30,0	28,2			
2002	18	2,85			77,6	37,2	26,6			
2003	18	2,87			84,9	44,3	30,7			
2004	18	2,7			95,3	51,4	37,1		3137	30330
2005	18	2,72			116,5	64,6	50,2		3137	30330
2006	18	2,68			133,3	76,4	61,5		3137	30330
2007	18	2,86	195,3		137,4	82,1	66,8		3137	30330
2008	18	2,75	204,3		135,4	66,3	89,4		3137	30330
2009	18	2,72	195,2		103,8	57,4	65,7		3137	30330
2010	18	2,78	186,8		122,2	62,1	81,2		3137	30330
1990	19									
1991	19									
1992	19						138,5			
1993	19						58,5			
1994	19						40,9			
1995	19	1,13			66,3		35,3			
1996	19	1,70			39,6		35,5			
1997	19	2,09			50,3		31,0			
1998	19	2,77			52,3		20,1			
1999	19	2,37			58,0		27,0			
2000	19	2,51			66,3		41,3			
2001	19	2,34			65,9		34,7			
2002	19	2,51			65,3		34,9			
2003	19	2,70			70,3		39,3	1,7		
2004	19	2,82			80,0	55,0	48,4	1,8		
2005	19	2,84			99,6	56,4	64,0	1,7		
2006	19	2,44			105,0	55,6	72,4			
2007	19	2,1	244,7		116,8	58,6	72,8			

Year	country number	Ecotax	PM	Parking	FP	VC	Oil	FC	tnv_13 k	tnv_97k
2008	19	2,07	208,3		141,7	58,7	86,0			
2009	19	2,07	281,7		117,2	61,7	52,9			
2010	19		249,7		127,3	60,4	66,3			
1990	20									
1991	20									
1992	20									
1993	20						73,3			
1994	20						40,5			
1995	20	2,04			50,7		31,3			
1996	20	2,07			52,8		29,7			
1997	20	2,11			59,5		25,8			
1998	20	2,41			62,8		16,7			
1999	20	2,73			73,8		22,7			
2000	20	2,43			88,1		35,4			
2001	20	2,64			83,4		30,1			
2002	20	2,93			81,8		30,7			
2003	20	2,95			84,7		36,0			
2004	20	2,89			91,9	58,2	46,5	2,8		
2005	20	2,44			102,7	59,2	64,0	2,8		
2006	20	1,85			108,4	59,1	74,3	2,7		
2007	20	1,8			114,1	60,8	77,8			
2008	20	1,65	93,6		142,9	68,5	95,7			
2009	20		260,9		116,3	63,5	58,3			
2010	20		231,0		123,4	58,9	73,1			
1990	21	1,97			79,7		38,3			
1991	21	2,22			72,0		31,3			
1992	21	2,82			77,7		29,9			
1993	21	2,68			81,8		25,4			
1994	21	3,23			86,2		23,6			
1995	21	2,96			97,0		25,0			
1996	21	2,92			95,0		29,2			
1997	21	2,96			83,5		27,2			
1998	21	2,93			75,3	59,1	18,3			
1999	21	2,81			75,8	53,6	24,9			
2000	21	2,78			77,7	45,3	38,0			
2001	21	2,82			69,8	42,3	31,9			



Year	country number	Ecotax	PM	Parking	FP	VC	Oil	FC	tnv_13 k	tnv_97k
2002	21	2,77			81,6	43,4	32,0			
2003	21	2,78			95,6	51,0	36,3			
2004	21	3,06			109,6	56,1	46,4		1950	14550
2005	21	2,95			115,8	59,8	64,0		1950	14550
2006	21	2,63			125,7	62,3	75,1		1950	14550
2007	21	2,54			149,2	68,8	81,3		1950	14550
2008	21	2,5			112,3	77,7	107,2		1950	14550
2009	21	2,49			122,8	67,5	68,0		1950	14550
2010	21	2,34			81,6	66,2	84,6		1950	14550
1990	22				36,5		188,9			
1991	22				43,7		129,8			
1992	22				49,2		110,4			
1993	22				50,5		88,7			
1994	22	1,67			48,6		78,8			
1995	22	1,05			35,7		63,0			
1996	22	0,89			42,2		55,5			
1997	22	1,18			48,4		43,5			
1998	22	1,67			48,4		25,5			
1999	22	1,96			57,1	39,9	30,0			
2000	22	1,32			62,4	28,7	43,1			
2001	22	1,61			67,0	35,4	34,9			
2002	22	1,87			66,9	39,1	34,1			
2003	22	1,38			60,5	26,3	37,7			
2004	22	0,83			60,2	15,8	47,1	0,3	1950	24208
2005	22	0,38			62,6	8,5	64,0	0,3	1950	24208
2006	22	0,34			63,6	8,0	74,4	0,3	1950	24208
2007	22	0,31	160,0		66,6	8,3	79,2	0,3	1950	24208
2008	22	0,27	169,9		66,6	8,2	102,8	0,2	1950	24208
2009	22	0,23	138,3		60,3	9,2	62,2	0,2	1950	24208
2010	22		174,3		67,0	9,6	76,2	0,2	1950	24208
1990	23	2,69		294,8	114,8	14,2	39,7			
1991	23	2,60		297,8	112,8	15,2	32,4			
1992	23	2,89		300,8	116,9	12,8	30,9			
1993	23	3,17		303,8	120,4	14,5	26,5			
1994	23	3,37		306,9	124,5	16,8	24,5			
1995	23	3,41		310,0	136,9	32,0	26,0			

Year	country number	Ecotax	PM	Parking	FP	VC	Oil	FC	tnv_13 k	tnv_97k
1996	23	3,7		313,1	135,4	44,4	30,1			
1997	23	3,65		316,2	112,0	53,9	27,9			
1998	23	3,6		319,4	105,5	62,6	18,6	10,6		
1999	23	3,79		322,6	104,2	73,9	25,0	9,8		
2000	23	3,74		325,8	102,4	63,9	38,3	8,3		
2001	23	3,64			94,8	59,4	25,5	8,2		
2002	23	3,48			96,1	59,5	25,2	8,4		
2003	23	3,55			113,4	72,3	28,5	9,9		
2004	23	3,72			132,9	84,5	35,6	10,8	6626	60704
2005	23	3,83			143,3	86,6	50,0	10,0	6626	60704
2006	23	3,9			147,6	87,9	60,8	10,1	6626	60704
2007	23	3,67	321,7		159,1	94,9	66,9	10,9	6626	60704
2008	23	3,73	307,3		183,6	107,5	92,9	11,8	6626	60704
2009	23	3,8	397,6		143,0	96,0	69,6	11,1	6626	60704
2010	23	3,81	272,4		154,2	97,0	87,3		6626	60704
1990	24			451,9	78,0	19,0	37,1			
1991	24			462,5	69,9	5,6	30,5			
1992	24			473,2	63,3	5,3	29,7			
1993	24			483,8	60,0	5,4	25,8			
1994	24	1,82		494,4	62,5	5,4	24,1			
1995	24	1,75		505,0	66,3	5,8	25,1			
1996	24	1,67		515,8	64,8	6,0	29,0			
1997	24	1,77		526,9	63,3	5,5	27,1			
1998	24	1,82		538,2	47,0	4,1	18,2			
1999	24	1,77		549,8	46,0	4,5	25,0			
2000	24	1,7		561,6	48,7	5,4	38,3			
2001	24	1,68			43,2	5,0	28,8			
2002	24	1,71			45,2	5,1	27,8			
2003	24	1,6			55,7	6,0	32,7			
2004	24	1,44			69,9	7,5	43,0	2,6	1625	12358
2005	24	1,43			82,4	9,4	56,1	2,6	1625	12358
2006	24	1,39			88,2	10,4	65,2	2,3	1625	12358
2007	24	1,39	305,8		93,8	10,7	69,8	2,6	1625	12358
2008	24	1,3	326,0		107,3	13,5	96,2	2,4	1625	12358
2009	24	1,31	284,3		78,3	8,3	66,0	2,1	1625	12358
2010	24	1,37	308,6		95,7	11,2	82,7	2,3	1625	12358

Year	country number	Ecotax	PM	Parking	FP	VC	Oil	FC	tnv_13 k	tnv_97k
1990	25			161,7	117,2		37,9			
1991	25			163,3	120,0		30,9			
1992	25			165,0	124,2		29,7			
1993	25			166,6	111,7		25,6			
1994	25	3,43		168,3	125,8		24,0			
1995	25	3,48		170,0	142,2		25,2			
1996	25	3,61		171,7	154,9	130,4	29,5			
1997	25	3,59		173,4	143,7	126,9	27,2			
1998	25	3,43		175,2	132,0	119,9	18,0	3,4		
1999	25	3,24		176,9	132,6	117,1	24,3	4,1		
2000	25	2,89		178,7	129,3	112,3	37,0	4,1		
2001	25	2,92			112,3	87,4	24,8	4,0		
2002	25	2,98			117,0	93,3	25,6	4,2		
2003	25	2,93			133,5	105,4	31,0	4,9		
2004	25	2,96			143,1	113,1	39,8	5,3		
2005	25	2,79			159,8	513,4	53,1	5,8		
2006	25	2,7			162,8	476,5	57,5	5,9	13621	139893
2007	25	2,73	504,9		174,9	518,3	68,1	6,5	13621	139893
2008	25	2,39	515,9		198,9	567,8	75,0	6,9	13621	139893
2009	25	2,43	521,6		162,3	516,8	67,8	6,4	12351	126562
2010	25	2,47	478,3		180,2		84,5		11080	113230
1990	26				38,7		344,8			
1991	26				53,0		164,4			
1992	26				60,6		111,2			
1993	26				59,6		71,6			
1994	26	1,52			57,9		51,1			
1995	26	1,39			58,8		43,0			
1996	26	1,79			60,4		42,5			
1997	26	1,75			57,8		34,9			
1998	26	1,74			57,5		21,2	3,2		
1999	26	1,98			63,1		27,2	3,1		
2000	26	1,97			76,0		38,8	2,6		
2001	26	1,95			78,1		31,7	3,2		
2002	26	1,96			77,9		31,9	3,3		
2003	26	1,98			84,6		36,7	3,8		
2004	26	1,99			97,2	79,0	46,3	3,9	3352	37435



Year	country number	Ecotax	PM	Parking	FP	VC	Oil	FC	tnv_13 k	tnv_97k
2005	26	2,03			117,9	95,4	64,0	5,0	3352	37435
2006	26	2			121,2	99,6	76,3	5,1	3352	37435
2007	26	2,12			133,6	108,0	82,4	5,5	3352	37435
2008	26	2,02	266,0		160,1	118,7	107,8	5,6	3352	37435
2009	26	1,94	206,4		112,4	88,7	66,1	5,1	3352	39860
2010	26	1,86	129,3		130,3	75,2	82,0	4,7	3352	42285
1990	27	3,38			114,6	67,2	51,8			
1991	27	3,43			117,2	74,7	39,3			
1992	27	3,39			121,4	74,0	35,5			
1993	27	3,42			102,4	67,6	29,4			
1994	27	3,36			100,2	64,7	26,5			
1995	27	3,36		190,2	109,3	65,4	27,5			
1996	27	3,4		192,1	107,8	66,1	31,6			
1997	27	3,18		194,1	94,6	64,7	29,2			
1998	27	3,32		196,0	88,9	65,4	19,3	2,1		
1999	27	3,26		198,0	81,7	56,8	25,9	2,0		
2000	27	2,62		200,0	77,1	46,1	39,6	1,7		
2001	27	2,85		202,0	74,8	43,6	26,9	1,5		
2002	27	3,03		204,0	74,7	48,7	26,2	1,7		
2003	27	2,99		206,1	95,3	61,4	30,1	2,1		
2004	27	2,99		208,1	111,0	70,5	38,8	2,4		
2005	27	2,95		210,2	124,3	121,3	51,9	2,3		
2006	27	2,85	182,1		135,0	128,7	61,1	2,8	5874	51936
2007	27	2,82	187,2		148,0	139,4	66,5	3,1	5874	51936
2008	27	2,55	192,0		172,4	152,4	91,2	3,1	5874	51936
2009	27	2,5	182,5		135,4	137,2	69,0	2,9	5372	51560
2010	27	2,49	203,3		144,3	86,2	86,1	2,7	4870	51184
1990	28									
1991	28				55,9					
1992	28				40,5					
1993	28				28,8					
1994	28				30,6					
1995	28	1,90			31,6					
1996	28	2,02			28,4					
1997	28	3,15			41,4		180,9			
1998	28	3,14			48,5		77,2			



Year	country number	Ecotax	PM	Parking	FP	VC	Oil	FC	tnv_13 k	tnv_97k
1999	28	3,72			50,9		72,8			
2000	28	3,36			51,0		78,5			
2001	28	2,44			53,6		50,3			
2002	28	2,26			58,6		42,1			
2003	28	2,53			67,6		42,3	1,9		
2004	28	2,58			81,6		49,4	1,8		
2005	28	2,14			107,0		64,0	1,7		
2006	28	2,02			114,2		72,4	1,6		
2007	28	2,1	197,7		123,6		76,4	1,7		
2008	28	1,88	185,4		140,9	67,8	96,6	1,7		
2009	28	1,88	261,1		107,9	53,7	58,3	1,5		
2010	28		159,7		125,2	62,6	73,1	1,4		
1990	29			164,0			33,8			
1991	29			164,0	52,0		27,5			
1992	29			164,0	55,2		26,4			
1993	29			164,0	58,4		22,8			
1994	29			164,0	61,6		21,0			
1995	29			164,0	64,8	70,6	22,3	11,1	24830	27350
1996	29			164,1	62,7	71,3	26,0	11,9	24957	27477
1997	29			164,2	60,6	71,2	24,1	11,3	23720	26240
1998	29			164,3	58,5	83,9	16,4	12,0	27959	30479
1999	29			164,4	61,5	82,3	22,6	12,3	34397	36917
2000	29			164,5	64,5	85,0	35,0	12,9	37776	40164
2001	29			164,6	58,2	84,4	29,8	10,5	29424	42366
2002	29			164,7	53,6	76,3	30,7	13,7	44453	53067
2003	29		177,3	164,8	57,6	78,0	35,4	12,7	40399	45144
2004	29		180,4	164,9	67,6	79,2	45,5	11,6	35381	41611
2005	29		181,0	165,0	77,9	79,4	64,0	9,1	23994	29061
2006	29		183,2	164,6	88,1	80,3	76,3	7,5	17341	25467
2007	29		186,3	164,2	94,6	81,1	82,8	9,1	22731	31483
2008	29		199,9	163,8	126,4	79,0	106,0	8,6	21018	28148
2009	29		198,1	163,4	95,0	83,5	67,1	8,6	19309	25932
2010	29		217,5		95,4	72,0	84,1			
1990	30				57,4					
1991	30				51,3					
1992	30				51,6					

Year	country number	Ecotax	PM	Parking	FP	VC	Oil	FC	tnv_13 k	tnv_97k
1993	30				51,1		49,5			
1994	30	2,84			50,9		41,5			
1995	30	2,33			79,1		40,7			
1996	30	2,21			82,3		45,6			
1997	30	2,14			87,1		40,6			
1998	30	1,98			81,8		25,8			
1999	30	2,03			76,7		32,1			
2000	30	2,29		45,0	80,0		45,1			
2001	30	2,01		45,0	71,1		36,2			
2002	30	2,24		45,0	69,5		35,9			
2003	30	2,49		45,0	88,4		38,3			
2004	30	2,55		45,0	110,4	82,4	46,5	1,2		
2005	30	2,43	166,7	45,0	120,8	84,6	64,0	6,9		
2006	30	2,35	174,1	45,0	129,7	86,0	73,8	6,7	3470	19430
2007	30	2,18	181,5	45,0	144,6	99,2	79,5	7,1	3470	19430
2008	30	2,02	190,1	45,0	161,3	113,7	103,7	7,3	3470	19430
2009	30	1,95	193,8	45,0	150,5	102,6	65,0	6,8	3014	18974
2010	30		204,9	45,0	140,2	81,4	82,0	6,4	2558	18518
1990	31									
1991	31									
1992	31						80,7			
1993	31						53,6			
1994	31						42,1			
1995	31	1,71			108,5		40,0			
1996	31	1,83			105,1		43,2			
1997	31	1,94			101,8		37,7			
1998	31	2,13			98,4		23,7			
1999	31	1,74			86,1		30,7			
2000	31	2,84			73,8		44,2			
2001	31	3,1			85,4		35,2			
2002	31	3,11			92,3		33,6			
2003	31	2,96			94,7		36,8			
2004	31	2,97			102,1	102,6	46,4			
2005	31	2,79			113,7	105,1	64,0			
2006	31	2,64			117,7	104,0	75,3		3055	32010
2007	31	2,62			128,2	111,5	80,4		3055	32010

Year	country number	Ecotax	PM	Parking	FP	VC	Oil	FC	tnv_13 k	tnv_97k
2008	31	2,62			145,8	115,5	103,8		3055	32010
2009	31	3,09			130,0	125,2	65,5		3055	32010
2010	31	3,07			139,4	120,5	82,3		3055	32010
1990	32	1,70			103,5	52,0	37,5			
1991	32	1,87			110,4	57,8	30,0			
1992	32	1,90			114,0	63,5	26,5			
1993	32	2,12			96,4	64,4	22,1			
1994	32	2,19			91,3	63,7	21,3			
1995	32	2,14			95,3	63,3	22,6			
1996	32	2,11			97,6	64,2	26,3			
1997	32	2,13			85,5	63,4	23,2			
1998	32	2,24			77,7	108,1	14,6	3,1		
1999	32	2,27			76,7	100,9	20,6	2,8		
2000	32	2,16		167,2	77,1	85,9	31,8	2,4		
2001	32	2,04		170,6	72,0	80,3	26,4	2,2		
2002	32	2,04		174,1	74,3	83,9	26,3	2,4		
2003	32	2,06		177,7	87,3	96,0	30,0	3,0		
2004	32	2,04		181,3	100,7	102,3	37,2	3,3	2990	27160
2005	32	2,08		185,0	112,7	104,9	50,5	3,2	2990	27160
2006	32	1,91		188,7	117,0	105,8	58,9	3,2	2990	27160
2007	32	1,87	306,2	192,5	125,5	117,4	64,5	3,5	2990	27160
2008	32	1,69	315,2	196,3	149,2	126,8	85,7	3,6	2990	27160
2009	32	1,67	288,8	200,2	117,5	117,8	54,2	3,4	2990	27160
2010	32	1,67	314,4	204,3	129,9	74,3	68,5	3,2	2990	27160
1990	33	2,83		142,6	36,8	48,6	37,2			
1991	33	2,80		144,1	33,8	50,1	28,7			
1992	33	2,83		145,5	33,4	47,6	27,6			
1993	33	3,04		147,0	120,7	49,1	23,2			
1994	33	2,79		148,5	121,2	73,1	21,6			
1995	33	2,79		150,0	128,3	72,9	22,7			
1996	33	3,12		151,5	138,3	75,4	26,8			
1997	33	2,95		153,0	122,7	76,5	25,2			
1998	33	3		154,5	111,9	75,8	17,1	15,2		
1999	33	2,86		156,1	109,4	68,6	23,4	14,7		
2000	33	2,77		157,7	112,9	66,5	36,4	12,8		
2001	33	2,8			97,5	59,8	25,2	12,3		

Year	country number	Ecotax	PM	Parking	FP	VC	Oil	FC	tnv_13 k	tnv_97k
2002	33	2,86			100,0	63,0	24,5	12,4		
2003	33	2,88			116,9	75,4	28,8	14,2		
2004	33	2,82			131,9	87,3	36,6	15,2	3250	24250
2005	33	2,85			143,1	97,1	51,8	15,0	3250	24250
2006	33	2,73			148,9	99,3	61,7	14,7	3250	24250
2007	33	2,64	495,4		158,1	106,3	67,7	15,4	3250	24250
2008	33	2,7	545,4		178,1	123,7	88,7	16,0	3250	24250
2009	33	2,85	478,2		141,4	103,0	69,4	15,2	3250	24250
2010	33	2,76	363,9		158,9	109,0	86,7	14,1	3250	24250
1990	34	1,98		152,2	112,3	71,4	34,9			
1991	34	1,98		153,7	104,8	67,7	27,8			
1992	34	1,99		155,2	99,7	64,2	26,2			
1993	34	1,99		156,8	105,8	78,4	22,4			
1994	34	1,96		158,4	112,6	74,3	21,1			
1995	34	1,97		160,0	125,1	72,9	22,3			
1996	34	1,99		161,6	118,8	72,5	26,3			
1997	34	1,89		163,2	103,7	72,9	24,7			
1998	34	2		164,8	96,7	72,2	16,8	25,0		
1999	34	2,07		166,5	93,9	69,5	22,9	23,8		
2000	34	2,07		168,2	94,6	60,6	35,3	20,6		
2001	34	2,14			89,2	224,4	25,9	6,9		
2002	34	2,14			91,0	250,7	26,0	7,3		
2003	34	2,13	365,7		104,6	316,5	30,9	8,6		
2004	34	2,09	367,2		117,7	364,9	39,2	9,4		
2005	34	2,16	368,7		125,5	416,7	55,8	9,6		
2006	34	2,05	370,3		129,6	396,2	66,1	9,2	1076	7460
2007	34	1,98	371,8		134,5	427,5	73,6	10,2	1076	7460
2008	34	1,99	373,4		144,6	450,1	96,9	10,4	1076	7460
2009	34	1,99	491,4		128,9	343,8	71,4		1292	9356
2010	34	2,05	540,8		143,3	325,5	90,9		1508	11252
1990	35									
1991	35				96,3					
1992	35				91,1					
1993	35				72,3					
1994	35	1,11			57,1					
1995	35	1,2			65,5					



Year	country number	Ecotax	PM	Parking	FP	VC	Oil	FC	tnv_13 k	tnv_97k
1996	35	1,8			72,5					
1997	35	1,93			78,3					
1998	35	1,8			73,3	325,5	136,9			
1999	35	2,5			83,1	245,8	114,2			
2000	35	2,38			90,1	178,3	115,7			
2001	35	2,65			74,2	91,5	50,8			
2002	35	3,5			88,1	91,4	36,0			
2003	35	4,08			107,2	94,8	32,9	4,0		
2004	35	3,58			119,9	95,0	38,4	4,0	7150	98940
2005	35	4,04			158,6	107,9	50,7	3,7	7150	98940
2006	35	3,65			160,4	95,2	55,6		7150	98940
2007	35	3,54	172,0		175,6	96,9	57,1		7150	98940
2008	35	3,33	172,0		207,1	98,0	73,9		7150	98940
2009	35	3,5	172,0		160,9	77,9	52,6		7150	98940
2010	35	3,89	172,0		192,6	79,5	63,2		7150	98940
1990	36	2,34		121,0	110,3	82,7	34,9			
1991	36	2,45		121,0	113,0	89,3	28,8			
1992	36	2,46		121,0	111,7	91,5	26,4			
1993	36	2,56		121,0	100,8	84,1	22,6			
1994	36	2,8		121,0	104,0	92,9	21,1			
1995	36	2,88		121,0	109,1	103,3	22,3			
1996	36	2,9		126,9	110,6	108,2	26,5			
1997	36	2,9		132,8	123,6	122,4	23,6			
1998	36	3,07		138,7	129,1	129,2	14,9	9,0		
1999	36	3,09		144,6	134,8	137,8	20,9	13,4		
2000	36	2,98		150,5	138,1	132,6	32,1	15,5		
2001	36	2,76		156,4	121,9	118,3	27,1	7,2		
2002	36	2,7		162,3	121,0	119,8	26,8	7,2		
2003	36	2,64	902,9	168,2	133,3	128,1	30,8	8,0		
2004	36	2,59	956,9	174,1	153,5	143,3	38,8	8,2		
2005	36	2,49	1010,9	180,0	161,5	141,2	53,8	7,8		
2006	36	2,39	925,7		166,4	140,2	63,0	8,8	2581	17551
2007	36	2,43	1269,7		180,5	151,0	68,6	9,2	2581	17551
2008	36	2,42	1288,4		187,1	144,9	88,8	9,5	2581	17551
2009	36	2,55	1099,4		144,6	122,3	56,1	9,0	2392,5	16381
2010	36	2,56	1042,2		163,8	128,2	69,9	8,3	2204	15210

Year	country number	Ecotax	PM	Parking	FP	VC	Oil	FC	tnv_13 k	tnv_97k
1990	37			496,7	52,0	16,7	31,5			
1991	37			508,3	48,8	18,8	26,1			
1992	37			520,0	47,1	18,8	24,7			
1993	37			531,7	45,2	18,3	21,5			
1994	37	1,12		543,3	44,1	19,7	19,8			
1995	37	1,12		555,0	43,6	19,1	21,5			
1996	37	1,01		557,8	45,2	18,6	25,1			
1997	37	1,02		560,6	43,9	18,1	22,3			
1998	37	1,03		563,4	38,1	17,8	14,4			
1999	37	1,03		566,2	40,4	17,4	20,0			
2000	37	1		569,0	49,3	17,6	31,2			
2001	37	0,96		571,9	43,4	17,4	24,3			
2002	37	0,95	135,7	574,7	40,5	16,7	25,5			
2003	37	0,92	132,4	577,6	45,5	16,6	29,4			
2004	37	0,9	138,4	580,5	52,3	16,3	37,1	4,9	988	8051
2005	37	0,89	148,7	583,4	62,8	16,4	48,8	4,8	988	8051
2006	37	0,88	159,3	586,3	68,6	16,1	57,3	4,6	988	8051
2007	37	0,84	161,8	589,2	72,2	16,0	62,9	4,5	988	8051
2008	37	0,82	168,4	592,2	83,4	16,5	86,1	4,4	988	8051
2009	37	0,81	169,4	595,1	59,3	16,1	53,6	4,4	988	8051
2010	37	0,79	180,1	598,1	69,3	16,0	68,2	4,4	988	8051

**ANNEXE E****IMPRESSIONS DU MODÈLE DE SIMULATION POUR LA RÉGION DE MONTRÉAL**

Jean-François Lefebvre  
Reproduction de l'étude d'Anas et Timilsina,  
2009

### Adaptation au cas de Montréal, Qc

Nv modele Mtl & SP\_JF\_v23\_26fev12

### Données socio-démographiques:

rev 1 mode 1

Population totale 15 ans et+ : (milliers)	6	3012,4	
Pop. Active occupée 15 + (milliers)	7	1713,5	
Déplacements quotidiens liés au travail (milliers/jr)	8		
Autres déplacements (milliers)	9		
Déplacements quotidiens totaux (milliers) (pointe AM-PM allers+retours) AMT 2003	10	844	3 688
bf = part du salaire horaire =	11	0,33333333	696
Nb déplacements/an (pointe = 250 jr ; tot. = 700 x 1 jr pte):	12	250	700
Déplacements quotidiens totaux (milliers) (aller-retour)	13	0,36	110
Km moy. Par véhicule	14	364	17
Coûts moy. véh./an (ACHAT+FINANCEM.)	15	5500	0
	16	selon rev.	1
$\lambda f$ = Taste heterogeneity	17	0,25	
Si 1: Gauche :enlève les passagers ds auto; dr.: compte temps ds coût total	18	1	1
VITESSE AUTOS	19	34,6051	
% des dpcmts en moins résultants en autos en moins	20	20%	

scénario référence

calibration du modèle

entrée de variables pour simulations

StatCan Microdonnées recensement  
2006



	Résultats des simulations
	Piste à explorer

### Données sur les infrastructures de transport

Portion des autobus dans les transports publics (initiale et finale)	100%	0,53	0,53
Capacité routière agrégée (Z)		395,6282	
Variation de la capacité routière (VAR Z):		10%	0%
Proportion de la hausse de vitesse du trafic répercutée sur vit. Bus		33%	
Variation temps de déplmt BUS		-20%	
Variation temps de déplmt RAIL		0%	
Émissions de GES en kg/litre essence (diesel)		2,446	2,783
Frais variables autres que le carburant (pneus et entretien):		0,0472	1,18
Variation consommation unitaire EE parc de véhicules:		-20%	
Distance moyenne parcourue trajet auto type (km)		24,96	
Variation frais d'assurance due à var. nb accidents		-0,10	
u fm = idiosyncratic utility by mode m		4,0	
65 Litre/100 km moy. Bus / nb pass. Moy.; % des bus électrifiées	0,65	0,033	0%
Nb moy. Passager par autobus (pointe)		20,00	
Surtaxe à l'immatriculation		0,0	

### Tarification

	Parking cash out (0 ou 1):	
Recettes péage:	0,000	0 #DIV/0!
Recettes parking+péage	0,000	Subv. ts modes:
Coûts carte STM 63\$ en 2006 (66,10\$2009/40)		
Hausse du prix du litre de carburant:		3,303 1,00
Coûts kilométriques autres que carburant (pneus):	0,0472	93,7% 0%
Prix initial essence en 2006 \$cst2009/litre (% taxes)	1,067 \$	0,0%
U10: Si péage = 1 sinon 0; U11: montant	0	-
Variations des tarifs TC (dr.: subv. due PCO)	0%	\$ -
Variation temps additionnel TC (STI) (attente, transferts + distance accrue)	0%	
Hausse du prix du pétrole (en \$/litre)	1	100,0%
Hausse taxe sur l'essence (en \$/litre)	0,000000001	0,0%
Valeur des émissions de GES (\$/tonne)	100 \$	235
Frais assurances et immatriculation moyens	601 \$	\$
Proportion frais ass+imm convertis en var.	0%	0%
Frais par km pr assur. et immat. moyens	0,0000	
Frais kilométriques en + (STATION. OU PÉAGE)	0	0
Frais assurances et immatriculation VARIABLES	\$ -	\$ -

## Données et coefficients sur les modes de déplacement

	actifs+passagers	TC	auto conducteur	total
6	0,4023	0,305	0,2927	
7 Répartition initiale des déplacements	0,1347	0,2281	0,6372	100%
8 Répartition FINALE des déplacements	0,1427	0,2492	0,6081	100%
9 Déplacements (Nb) Allers + retours	248	421	1 175	1 844
10 Déplacements (Nb) (référence 2002)	actifs+passagers	TC	auto conducteur	
11 Déplacements FINAL	263,2	459,6	1 121,26	
12 Variation Nb déplacements (pers.)	5,9874%	9,2432%	-4,5746%	
13 Nb véhicules initial (congestion équivalent autos)		44,6	1 175	1 220
14 Nb véhicules FINAL (congestion équivalent autos)		48,7	1 121	1 170
15 Variation Nb véhicules	TRAFFIC	9,24%	-4,57%	-4,07%
16		1 147	27 987	29 134
17 Car vehicle km initial (aller PLUS retour)		2226,0	58 656	60 882
18 Car vehicle km FINAL		2431,7	55 973	58 405
19 Variation car vehicules km		9,24%	-4,57%	-4,07%
20 Auto hours (M) Initial		60,7	998,9	1 059,6
21 Auto hours (M) FINAL		66,3	953,2	1 019,6
22 Variation auto hours (%)		9,24%	-4,57%	-3,78%
23 Longueur moy. déplacement (aller-retour, en km)	8,42		24,96	



e = efficacité moyenne du parc (par rapport à congestion initiale)	Litre/km					
40				0,0938		
vitesse des automobiles (d'après itérations de T, niveaux de congestion)	$s = d3/G3$	km/hre	AC23/AC 87+AD39	34,6051	km/h en +ou -	
41						
Émissions INITIALES de GES des autos (en M de kt pour une journée)	Litre * kg/litres /1000 (kT)		0,44	8,41		
42						
Émissions INITIALES de GES des autos (en Mt pour 300 jours)	(précédent x 300 / 1000) (Mt/an)			2,104		
43						
Émissions FINALES de GES des autos (en M de kt pour une journée)	Litre * kg/litres /1000 (kT)			5,96	25,9	
44						
Émissions FINALES de GES des autos (en Mt pour 300 jours)	(précédent x 300 / 1000) (Mt/an)			1,491		
45						
vitesse des automobiles	$s \text{ (miles/hre)} =$ $s/1,6903 \text{ km/mile}$	miles/hre		20,472 8		
46						
Variation de l'EE des véhicules due à la vitesse	$0,122619 -$ $((0,0117211 * \text{PUISSANCE}(A$ $C38;1)) + (0,0006413 * \text{PUISS}$ $\text{ANCE}(AC38;2)) -$ $(0,000018732 * \text{PUISSANCE}($ $AC38;3)) + (0,0000003 * \text{PUISS}$ $\text{ANCE}(AC38;4)) -$ $0,0000000024718 * \text{PUISSA}$ $\text{NCE}(AC38;5)) + 0,00000000$ $0008233 * \text{PUISSANCE}(AC3$ $8;6))$			0,0351		
47						
Correctifs pour miles/hre	3,78541178/1,6093			2,35		
48						
Consommation de référence à la vitesse de base			0,033	0,117		
49						
Consommation de référence à la vitesse FINAL (AD, en bleu)	(AB=consom. Moy. Pr vit. Moy., AB = véh type, AC = parc normalisé		0,0893	0,0826	0,10852	
50						



51	Variation consommation véhicules due à la vitesse (litres/km) f(s) pr EE = 1				(0,075)	1	
52		km	\$/litre		litre/km		
53	Consommation de référence	8,53	km au litre		0,117	litre/km	
54	Émissions GES autos (en kt pour un an, référence)	(0,1 litre/km x 20km x 2,72 g/litre x 300jr x 5658 k trajet/jr *2			1,997	MT GES	15 000
55	Émissions GES autos (en kt pour un an, FINAL)	Coût monétaire (fuel + toll)			1,997	\$/litre	
56	Frais fixes moy. par véh. par km (Initiaux)	(1400 \$/17000km = \$/km			0,048		
57	Frais fixes (ass+imm) par véh. aller moy.				1,20		
58	Autres frais fixes (achat véh.)	(7000- 1400) (moins essence)			4 664 \$		
59	Parking cash out: (subv. \$ par passager)	\$ par voyage (aller-retour)	- \$	0,000	\$	-	
60	Parking cash out: (subv. k\$ total)	k\$ total	- \$	- \$	\$	-	
61	Coûts FUELCL totaux (autos)	Nb passagers autos * 250*coûts unitaires (Millions)					
62	Montant du péage	Montant					
63	Coût monétaire un déplacement (carburant + péage)	$(10) g_3 = FUELCL + \delta \times MTOLL$				$\delta = 1$ si péage	0
64	GES (grammes/gallon)	8,788 divisé par 3,785			2,3218	kg/litre	
65	VOT (Value of time) INITIALE:	$(12) VOT = \frac{\sum N_L P_L (b_L / G_3)}{\sum N_L P f_3}$			8,691		
66		$(T/Z)c_2$			1,18		
67	no. 11	$MTOLL = \Phi_3 (VOT) \times c_0 c_1 c_2$			0,963	0,963	24
68	VOT (Value of time) FINALE:	$(12) VOT = \frac{\sum N_L P_L (b_L / G_3)}{\sum N_L P f_3}$			10,490		

69		$(T/Z)c_2$			1,18	
70	no. 11	$MTOLL = \Phi_3 (VOT) \times c_0 c_1 c_2$			1,155	1,155
71		$(T/Z)^{c_2} d_3$				
72	Personnes par véhicule		20,0	n/a	1,000	1
73	Véhicule par passager (TETA)	1/PERS. PAR Véh.	0,05		1,000	844
74	Espace occupé par véhicule		4	n/a		1
75	Déplacements (Nb)		263	460	1 121	
76	Déplacements (%)		14,3%	24,9%	60,8%	100%
77	Longueur moy. déplacement (aller-retour, en km)					
78	VARIATION Temps déplacement (aller-retour, en hres)	Gm			0%	
79	Vitesse					
80	Variation du coût monétaire par déplacement	gm				
81	Consommation en miles/gallon		n/a	n/a		
82	Prix du carburant		n/a	n/a		
83	Personnes par véhicule			n/a		1
84	Espace occupé par véhicule			n/a		875
85	Nb déplacements personnels par mode (en milliers)	$T_m = \sum N_f P_{fm}, m = 1, 2, 3$	263	460	1 121	Mixte vert 1 Frais km 0,0653 (25% frais var) pétrole +1\$
86					54	
87					5%	
88	Somme du trafic en auto équivalent avant (milliers)	$T = (\text{formule no 5})$ INITIALE			1 219,6	Itérations requises

89	Somme du trafic en auto équivalent après (milliers)	T = (formule no 5) FINALE	-	0,0	1 170,0	1169,97	
90	Variation du trafic en auto équivalent (%)				-4,0693%	référence	1219,6008
91	Coefficient de la fonction de congestion:	c0, c1 et c2	0,013	0,15	2,00	Z+20%	
92	Inverse de la vitesse (6) Temps d'un déplacement aller avec congestion	$c0*(1+c1*(T/Z) \exp c2)$	AA42*(1+(AB42*((AC39/O7)*EXP(A C42))))			Taxe km 0,063 (100% frais var)	
93	avant	$G_3 = c0 (1+c3*(T/Z) c2)d3$			0,029		
		4,530187182			0,721	Temps bus-20%	
						Z+20% et Temps bus -20%	
95			Tx Ess. +100%, 100 fvar ass+imm			Tax. Ess. =100% T. Ess. +1\$ et 100% imm&ass	
96			z+ 20%				
97						1,500	0,792
98	Surtemps TC (attentes, transferts)		40%			BUS	RAIL
99	Coûts déplacements personnels par mode (en M\$)		-	1,716	6,364		
100	Longueur moy. déplacement (aller-retour, en km)	DISTANCE INITIALE					
	Longueur moy. déplacement (aller-retour, en km)	DISTANCE considérée	8,42	24,96	24,96	24,96	24,96
101	Temps déplacement (sans tenir compte attentes correspondances trajets + lgs )	Gm	1,38		0,85	1,25	0,66
102							

103	Temps déplacement (aller-retour, en hres)	Gm (temps initial)	1,38	1,36	0,85	1,75	0,92
104	Surtemps en minutes	surtemps TC INITIAL		0,389		0,500	0,264
105	Surtemps en minutes	surtemps TC FINAL		0,389		0,500	0,264
106	Vitesse	Vitesse INITIALE	6,08		29,36	20,00	38,00
107	Coût monétaire par déplacement	Vitesse FINALE (km/h)	6,080	20,718	34,605		

Calculs utilités		21	U11	U12	U13	U21	U22	U23
Ufm =	égale -g1- b1ln(Gm)+Efm+ufm	22	3,72	4,15	3,94	3,06	5,19	6,96
	égale -g1-b1ln(Gm)	23	-0,28	-3,73	-4,26	-0,94	-3,74	-3,21
plus E fm	Efm	24	0,000	3,8878	4,1939	0,000	4,9322	6,1761
plus u fm	Ufm	25	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Tx marg subst entre temps et coûts	bf / G m	26	0,94	1,30	2,17	3,19	4,39	7,32

Calculs utilités		21	U31	U32	U33	U41	U42	U43
Ufm =	égale -g1- b1ln(Gm)+Efm+ufm	22	2,39	5,27	8,67	1,66	4,73	9,87
	égale -g1-b1ln(Gm)	23	-1,61	-4,24	-3,14	-2,34	-5,58	-4,17
plus E fm	Efm	24	0,000	5,5081	7,8075	0,000	6,3102	10,0408
plus u fm	Ufm	25	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Tx marg subst entre temps et coûts	bf / G m	26	5,42	6,76	11,30	7,90	8,46	14,13

Calculs utilités		21	U51	U52	U53	U61	U62	U63
Ufm =	égale -g1- b1ln(Gm)+Efm+ufm	22	0,47	4,79	10,58	-4,78	0,52	8,79
	égale -g1-b1ln(Gm)	23	-3,53	-7,47	-4,72	-8,78	-10,99	0,59
plus E fm	Efm	24	0,000	8,2584	11,3056	0,000	7,5152	4,1959
plus u fm	Ufm	25	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Tx marg subst entre temps et coûts	bf / G m	26	11,90	11,68	19,50	29,62	31,32	52,32



### Part des déplacements et choix de modes par groupes de revenus

Groupe selon les revenus	29	1	1	1	2	2	2
Portion des déplacements par jour (Nf)	30	0,153	0,153	0,153	0,180	0,180	0,180
salaire horaire (wf)	31	2,61 \$	2,61 \$	2,61 \$	8,80 \$	8,80 \$	8,80 \$
bf = wf / a	32	0,87 \$	0,87 \$	0,87 \$	2,93 \$	2,93 \$	2,93 \$
mode déplacement	33	marche	TC	auto	marche	TC	auto
Proportions mode déplacements	34	0,2810	0,33967	0,37936	0,17068	0,29665	0,53267
Hypothèse coûts fixes achat véhicules	35	82,6%	5,8%	1 000 \$		9,6%	44 \$
Case centre: % auto sur pop tot							
somme des proportions des déplacements par f	36	1,00		2 000 \$	1,00		44 \$
$\Sigma i = 9 + 9 + 9$ pour f (1 à 6)							
Calibration du modèle:	37	vit.	34,6051	29,3600			

Groupe selon les revenus	29	3	3	3	4	4	4
Portion des déplacements par jour (Nf)	30	0,209	0,209	0,209	0,256	0,256	0,256
salaire horaire (wf)	31	14,96 \$	14,96 \$	14,96 \$	21,80 \$	21,80 \$	21,80 \$
bf = wf / a	32	4,99 \$	4,99 \$	4,99 \$	7,27 \$	7,27 \$	7,27 \$
mode déplacement	33	marche	TC	auto	marche	TC	auto
Proportions mode déplacements	34	0,12042	0,23687	0,64271	0,08898	0,17163	0,73939
Hypothèse coûts fixes achat véhicules	35		13,4%	4 000 \$		18,9%	6 000 \$
Case centre: % auto sur pop tot							
somme des proportions des déplacements par f	36	1,00		4 000 \$	1,00		6 000 \$
$\Sigma i = 9 + 9 + 9$ pour f (1 à 6)							
Calibration du modèle:	37	résultat	1169,970467	itération	1169,9705	référence	1219,6008

Groupe selon les revenus	29	5	5	5	6	6	6	
Portion des déplacements par jour (Nf)	30	0,159	0,159	0,159	0,043	0,043	0,043	
salaire horaire (wf) wf	31	32,84 \$	32,84 \$	32,84 \$	81,76 \$	81,76 \$	81,76 \$	19,43
bf = wf / a	32	10,95 \$	10,95 \$	10,95 \$	27,25 \$	27,25 \$	27,25 \$	
mode déplacement	33	marche	TC	auto	marche	TC	auto	total
Proportions mode déplacements	34	0,06574	0,15482	0,77944	0,05938	0,10938	0,83125	1,0
Hypothèse coûts fixes achat véhicules	35		12,4% <sup>8</sup>	000 \$		3,6% <sup>12</sup>	000 \$	4952
Case centre: % auto sur pop tot								
somme des proportions des déplacements par f	36	1,00 <sup>8</sup>		000 \$	1,00 <sup>12</sup>		000 \$	5429
Σi = 9 + 9 + 9 pour f (1 à 6)								
Calibration du modèle:	37	Z≈	359,662					

## Données et coefficients sur les modes de déplacement

Données et coefficients sur les modes de déplacement								
		39	actifs	TC	auto	actifs	TC	auto
Longueur moy. dpcmt (aller- retour, en km)		40	8,42	18,402	24,96	8,42	18,402	24,96
Longueur moy. dpcmt (aller- retour en km)	(F41*F\$30)+(I41*I\$30)+(L41*L\$30)+(O41*O\$30)+(R41*R\$30)+(U41*U\$30)	41	9,33		20,74	8,20		20,78
Écart relativement à la moy.		42		67%	16,9%		67%	-16,8%
Temps moy. (déplmt identique TC et auto)	Gm	43	1,38	1,00	0,60	1,38	1,00	0,60
Vitesse	7,35	44	6,08	26,10	34,61	6,08	26,10	34,61
Coût monétaire par déplacement FINAL	gm (Final, aller + retour))	45	0,00	3,73	4,70	0,00	3,73	4,71
Temps moy. déplacement	Gm (Final) ajusté selon distance auto pr TC	46	1,38	1,00	0,60	1,38	1,00	0,60
Proportion passagers dans autos		47	20,0		1,00	20		1,00

Longueur moy. dpcmt (aller- retour, en km)		39	actifs	TC	auto	actifs	TC	auto
		40	8,42	18,40	24,96	8,42	18,40	24,96
		41	7,46		22,92	8,25		26,70
		42		67%	-8,2%		67%	7,0%
		43	1,38	1,11	0,66	1,38	1,29	0,77
Longueur moy. dpcmt (aller- retour en km)	$(F41*F\$30)+(I41*I\$30)+(L41*L\$30)+(O41*O\$30)+(R41*R\$30)+(U41*U\$30)$							
Écart relativement à la moy.								
Temps moy. (déplmt identique TC et auto)	Gm	43	1,38	1,11	0,66	1,38	1,29	0,77
Vitesse	7,35	44	6,08	26,10	34,61	6,08	26,10	34,61
Coût monétaire par déplacement FINAL	gm (Final, aller + retour))	45	0,00	3,73	5,19	0,00	3,73	6,05
Temps moy. déplacement	Gm (Final) ajusté selon distance auto pr TC	46	1,38	1,11	0,66	1,38	1,29	0,77
Proportion passagers dans autos		47	20		1,00	20		1,00





Groupe selon les revenus		29	1	1	1	2	2	2
Mode		39	actifs	TC	auto	actifs	TC	auto
20	$b_f = W_f / 2$	52	1,30	1,30	1,30	4,40	4,40	4,40
21	$\lambda = 1 / U$	53	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
22	$\exp(\lambda f (-g_m - b_f \ln(G_m) + E_{fm}))$	54	0,93	1,04	0,98	1	1,35	2,10
23	$\sum \exp(\lambda f (-g_m - b_f \ln(G_m) + E_{fm}))$	55	2,96	2,96	2,96	4,23	4,23	4,23
24	$P_{fm} = 22 / 23$	56	0,31541	0,35153	0,33306	0,18654	0,31811	0,49534
25	$\Sigma i = 24 + 24 + 24$ pour $f$ (1 à 6)	57	1,00			1,0		
élasticité-coût	$\eta_{P_m : g_m} = - \lambda_f g_m (1 - P_{fm})$	58	-0,639	-0,639	-0,784	0	-0,636	-0,594
élasticité-coût croisée (TC/marche)	CROSS-transit/actives	59			0,391			0,583

60

élasticité-temps	$\eta_{P_m : G_m} = - \lambda_f b_f (1 - P_{fm})$	61	-0,223	-0,211	-0,217	-0,894	-0,750	-0,555
élasticité-temps croisée	$\eta_{P_m : G_m} = - b_f g_m (1 - P_{fm})$	62			0,108			0,545

63

Nb déplacements personnels par mode et revenu (INITIAL)	$N_f P_{fm}, m = 1, 2, 2$	64	79	96	107	57	98	177
Nb déplacements personnels par mode et revenu (FINAL)	$N_f P_{fm}, m = 1, 2, 3$	65	89	99	94	62	106	164
Valeur du temps des déplacements INITIAL (M\$)	Valeur temps initial (M\$)	66	0,29	0,34	0,24	0,69	1,18	1,32
Valeur du temps des déplacements FINAL	Temps final (M\$)	67	0,32	0,31	0,18	0,75	1,12	1,04
somme valeur du temps	par classe (INITIALE et FINAL)	68	0,86		0,81	3,19		2,91
Nb d'autos par usager		69	1,00		1,00	1,00		1,00

Groupe selon les revenus		29	3	3	3	4	4	4
		39	actifs	TC	auto	actifs	TC	auto
20	$b_f = W_f / 2$	52	7,48	7,48	7,48	10,90	10,90	10,90
21	$\lambda = 1 / U$	53	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
22	$\exp(\lambda f(-g_m - b_f \ln(G_m) + E_{fm}))$	54	0,67	1,37	3,21	0,56	1,20	4,34
23	$\sum \exp(\lambda f(-g_m - b_f \ln(G_m) + E_{fm}))$	55	5,26	5,26	5,26	6,10	6,10	6,10
24	$P_{fm} = 22 / 23$	56	0,1273	0,2615	0,6112	0,0913	0,1969	0,7118
25	$\Sigma i = 24 + 24 + 24$ pour $f$ (1 à 6)	57	1,0			1,0		
élasticité-coût	$\eta_{P_m : g_m} = - \lambda_f \frac{g_m}{1 - P_{fm}}$	58	0	-0,6892	-0,505	0	-0,7495	-0,436
élasticité-coût croisée (TC/marche)	CROSS-transit/actives	59			0,794			1,077

60

élasticité-temps	$\eta_{P_m : G_m} = - \lambda f b_f \frac{1}{1 - P_{fm}}$	61	-1,632	-1,381	-0,727	-2,476	-2,189	-0,785
élasticité-temps croisée	$\eta_{P_m : G_m} = - b_f \frac{1}{g_m (1 - P_{fm})}$	62			1,143			1,940

Nb déplacements personnels par mode et revenu (INITIAL)	$N_f P_{fm}, m = 1, 2, 2$	64	46	91	248	42	81	349
Nb déplacements personnels par mode et revenu (FINAL)	$N_f P_{fm}, m = 1, 2, 3$	65	49	101	236	43	93	336
Valeur du temps des déplacements INITIAL	Valeur temps initial (M\$)	66	0,96	1,86	3,15	1,26	2,41	6,47
Valeur du temps des déplacements FINAL	Temps final (M\$)	67	1,01	1,82	2,54	1,30	2,44	5,28
somme valeur du temps	par classe (INITIALE et FINAL)	68	5,97		5,37	10,14		9,02
Nb d'autos par usager		69	1,00		1,00	1,00		1,00

Groupe selon les revenus		29	5	5	5	6	6	6
		39	actifs	TC	auto	actifs	TC	auto
20	$b f = W f / 2$	52	16,42	16,42	16,42	40,88	40,8794	40,8794
21	$\lambda = 1 / U$	53	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
22	$\exp (\lambda f (-g_m - b f \ln(G_m) + E f m))$	54	0,41	1,22	5,18	0,11	0,42	3,31
23	$\Sigma \exp (\lambda f (-g_m - b f \ln(G_m) + E f m))$	55	6,82	6,82	6,82	3,84	3,84	3,84
24	$P_{f m} = 22 / 23$	56	0,06075	0,17876	0,76050	0,02899	0,10915	0,86185
25	$\Sigma i = 24 + 24 + 24$ pour $f$ (1 à 6)	57	1,0			1,0		
élasticité-coût	$\eta_{P_m : g_m} = -\lambda_f g_m (1 - P_{f m})$	58	0	-0,7664	-0,395	0	-0,83	-0,212
élasticité-coût croisée (TC/marche)	CROSS-transit/actives	59			1,256			1,320
élasticité-temps	$\eta_{P_m : G_m} = -\lambda_f b_f (1 - P_{f m})$	61	-3,856	-3,372	-0,983	-9,924	-9,104	-1,412
élasticité-temps croisée	$\eta_{P_m : g_m} = -b_f g_m (1 - P_{f m})$	62			3,122			8,808
Nb déplacements personnels par mode et revenu (INITIAL)	$N_f P_{f m}, m = 1, 2, 2$	64	19	45	229	5	9	66
Nb déplacements personnels par mode et revenu (FINAL)	$N_f P_{f m}, m = 1, 2, 3$	65	18	52	223	2	9	68
Valeur du temps des déplacements INITIAL	Valeur temps initial (M\$)	66	0,87	2,03	6,38	0,53	0,97	4,58
Valeur du temps des déplacements FINAL	Temps final (M\$)	67	0,81	2,07	5,28	0,26	0,85	4,03
somme valeur du temps	par classe (INITIALE et FINAL)	68	9,28		8,16	6,08		5,14
Nb d'autos par usager		69	1,00		1,00	1,00		1,00
Groupe selon les revenus		29	1	1	1	2	2	2



		39	actifs	TC	auto	actifs	TC	auto
Nb d'autos		70	107		94	177		164
Coût marginal un aller - retour	C m Initial (C moy pr TC)	71	0,00	3,30	3,57	0,00	3,30	3,58
Coût monétaire des déplacements INITIAL	Nb dplmt (M)*\$/dplmt (M\$)	72	0,00	0,32	0,38	0,00	0,33	0,63
Coût monétaire des déplacements FINAL	Nb dépl pers par mode x AA-AB-AC32 coûts/pass (M\$)	73	0,00	0,37	0,44	0,00	0,39	0,77
	somme coûts monétaires déplacements par classe (INITIALE et FINAL) M\$	74	0,70		0,81	0,96		1,17
Total INITIAL	Coûts marg. + temps (M\$)	75	0,29	0,66	0,62	0,69	1,50	1,96
Total FINAL (aller+retour)	Coûts marg. + temps (M\$)	76	0,32	0,68	0,62	0,75	1,51	1,82
somme coûts \$ + temps tous dpcmt par classe	Coûts marg. \$ seul. (INITIALE et FINAL) M\$	77	1,56		1,62	4,15		4,08
Frais fixes moy. Par véh. Par voyage (assur+ imm)	(1400 \$/17000km*24,96	78			1,20			1,20
INITIAL: Frais fixes tot. voyage allers (assur+ imm)	(\$*k dépl./1000 = M \$)	79			0,13			0,21
Frais moy. par véh. par voyage (assur+ imm)	(var. en \$ et en % par dépl., coût en \$)	80	0,00	0,0%	1,20	0,00	0,0%	1,20
Frais ass. + immat. Qui restent FIXES FINAL	(Gauche: 2 x 350 x) Coûts FIXES pr un déplac. (\$/trip)	81	841		1,20			1,20
TOT Frais ass. + immat. Qui restent FIXES FINAL	(F81 \$ x k dépl./1000 = M \$)	82			0,113			0,20
FINAL: Frais TOT. trip (assur+ imm) fixes+ var	(F80 \$ x k dépl./1000 = M \$)	83			0,113			0,20
TOT Frais immat. Qui restent FIXES FINAL	(x k dépl./1000 = M \$)	84			0,032			0,056
Coûts des déplacements personnels par mode et revenu	(EXCLUANT frais FIXES, F65*F45; k\$)	85	0	370	442	0	394	774

Groupe selon les revenus		29	3	3	3	4	4	4
		39	actifs	TC	auto	actifs	TC	auto



Nb d'autos		70	248		236	349		336
Coût marginal un aller - retour	C m Initial (C moy pr TC)	71	0,00	3,30	3,95	0,00	3,30	4,60
Coût monétaire des déplacements INITIAL	Nb dplmt (M)*\$/dplmt (M\$)	72	0,00	0,30	0,98	0,00	0,27	1,61
Coût monétaire des déplacements FINAL	Nb dépl pers par mode x AA-AB-AC32 coûts/pass (M\$)	73	0,00	0,38	1,22	0,00	0,35	2,03
	somme coûts monétaires déplacements par classe (INITIALE et FINAL) M\$	74	1,28		1,60	1,87		2,38
Total INITIAL	Coûts marg. + temps (M\$)	75	0,96	2,16	4,13	1,26	2,67	8,08
Total FINAL (aller+retour)	Coûts marg. + temps (M\$)	76	1,01	2,19	3,77	1,30	2,79	7,32
somme coûts \$ + temps tous dpcmt par classe	Coûts marg. \$ seul. (INITIALE et FINAL) M\$	77	7,25		6,97	12,01		11,40
Frais fixes moy. Par véh. Par voyage (assur+ imm)	(1400 \$/17000km*24,96	78			1,20			1,20
INITIAL: Frais fixes tot. voyage allers (assur+ imm)	(\$*k dépl./1000 = M \$)	79			0,30			0,42
Frais moy. par véh. par voyage (assur+ imm)	(var. en \$ et en % par dépl., coût en \$)	80	0,00	0,0%	1,20	0,00	0,0%	1,20
Frais ass. + immat. Qui restent FIXES FINAL	(Gauche: 2 x 350 x) Coûts FIXES pr un déplac. (\$/trip)	81			1,20			1,20
TOT Frais ass. + immat. Qui restent FIXES FINAL	(F81 \$ x k dépl./1000 = M \$)	82			0,28			0,40
FINAL: Frais TOT. trip (assur+ imm) <b>fixes+ var</b>	(F80 \$ x k dépl./1000 = M \$)	83			0,28			0,40
TOT Frais immat. Qui restent FIXES FINAL	(x k dépl./1000 = M \$)	84			0,080			0,114
Coûts des déplacements personnels par mode et revenu	(EXCLUANT frais FIXES, F65*F45; k\$)	85	0	376	1224	0	347	2033
Groupe selon les revenus		29	5	5	5	6	6	6
		39	actifs	TC	auto	actifs	TC	auto
Nb d'autos		70	229		223	66		68

Coût marginal un aller - retour	C m Initial (C moy pr TC)	71	0,00	3,30	5,02	0,00	3,30	4,66	
Coût monétaire des déplacements INITIAL	Nb dplmt (M)*\$/dplmt (M\$)	72	0,00	0,15	1,15	0,00	0,03	0,31	6,45
Coût monétaire des déplacements FINAL	Nb dépl pers par mode x AA-AB-AC32 coûts/pass (M\$)	73	0,00	0,20	1,47	0,00	0,03	0,42	8,08
	somme coûts monétaires déplacements par classe (INITIALE et FINAL) M\$	74	1,30		1,67	0,34		0,45	
Total INITIAL	Coûts marg. + temps (M\$)	75	0,87	2,18	7,53	0,53	0,99	4,89	42
Total FINAL (aller+retour)	Coûts marg. + temps (M\$)	76	0,81	2,27	6,75	0,26	0,88	4,45	40
somme coûts \$ + temps tous dpcmt par classe	Coûts marg. \$ seul. (INITIALE et FINAL) M\$	77	10,58		9,83	6,41		5,59	
Frais fixes moy. Par véh. Par voyage (assur+ imm)	(1400 \$/17000km*24,96	78			1,20			1,20	
INITIAL: Frais fixes tot. voyage allers (assur+ imm)	(\$*k dépl./1000 = M \$)	79			0,27			0,08	
Frais moy. par véh. par voyage (assur+ imm)	(var. en \$ et en % par dépl., coût en \$)	80	0,00	0,0%	1,20	0,00	0,0%	1,20	
Frais ass. + immat. Qui restent FIXES FINAL	(Gauche: 2 x 350 x) Coûts FIXES pr un déplac. (\$/trip)	81			1,20			1,20	
TOT Frais ass. + immat. Qui restent FIXES FINAL	(F81 \$ x k dépl./1000 = M \$)	82			0,27			0,08	1,347
FINAL: Frais TOT. trip (assur+ imm) fixes+ var	(F80 \$ x k dépl./1000 = M \$)	83			0,27			0,08	1,347
TOT Frais immat. Qui restent FIXES FINAL	(x k dépl./1000 = M \$)	84			0,075			0,023	0,379
Coûts des déplacements personnels par mode et revenu	(EXCLUANT frais FIXES, F65*F45; k\$)	85	0	196	1473	0	32	419	8080

Groupe selon les revenus		29	1	1	1	2	2	2
		39	actifs	TC	auto	actifs	TC	auto
Coût total par catégorie de revenu	Gauche :	86	812			1169		
Coût total pour 1% par catégorie de revenu	k\$ pr 1%	87	5,307			6491,7		
Nb dpcmts auto par revenu par jr (INITIAL) k	$N_f P_{fm}, m = 3$	88			107			177
coût en temps d'un déplcmt \$	$(bf / G3)$	89			1,022			3,449
Coûts en temps tot. /1000	$NfPf (bf / G3) (M\$)$	90			109			610
Nb déplcmt auto par revenu (FINAL) k	$N_f P_{fm}, m = 3$	91			94			164
coût en temps d'un déplcmt \$	$(bf / G3)$	92			1,20			4,07
VOT (Coûts en temps tot. Allers)	$NfPf (bf / G3) (M\$)$	93			113			668
Formule 12 INITIAL (14)	Max Uf (\$ par trip) . Scén. RÉF)	94	4,798			6,127		
Formule 12 FINAL (14)	Max Uf (\$ par trip)	95	4,336			5,772		
Hausse coûts des import. Pétrol. (en \$)		96	118	118	0,17		208	0,30
Rev péages ou station. (taxe km additionnelle)	M\$ (exclut frais var et transfert imm.)	97		-	-		-	-
Revenus taxe essence	M\$	98		0	0,00		0	0,00
aggregate tax revenue	M\$ (centrex 700; dr.: Pte 25km)	99		0	0,03		0	0,06
Average new tax rev by trip	\$ per trip (aller - retour)	100			0,11			0,17
Cons. Carburant (M litres) Final	M litres pte (km*nb k dépl.* cons. /1000) (Centre: x 350jrs x 2; dr. 25km pointe)	101		118	0,17		208	0,30
kg GES annuellement	M kg = kT GES (Gauche: $\Sigma x350x2/1000$ , en Mt/an; dr. 25km)	102	4,17	290	0,414		508	0,725
coûts GES	M \$ (25 km de pte)	103			0,041			0,073
Formule 15) Social welfare (manque rev taxes)	(pour pointe) M\$	104			1,22			1,92



Groupe selon les revenus		29	3	3	3	4	4	4
		39	actifs	TC	auto	actifs	TC	auto
Coût total par catégorie de revenu	Gauche :	86	1600			2380		
Coût total pr 1% par catégorie de revenu	k\$ pr 1%	87	7654,6			9298,2		
Nb dpcmts auto par revenu par jr (INITIAL) k	$N_f P_{fm}, m = 3$	88			248			349
coût en temps d'un déplcmt \$	$(bf / G3)$	89			5,867			8,548
Coûts en temps tot. /1000	$NfP_f (bf / G3) (M\$)$	90			1453			2984
Nb déplcmt auto par revenu (FINAL) k	$N_f P_{fm}, m = 3$	91			236			336
coût en temps d'un déplcmt \$	$(bf / G3)$	92			6,92			10,08
VOT (Coûts en temps tot. Allers)	$NfP_f (bf / G3) (M\$)$	93			1629			3385
Formule 12 INITIAL ( 14 )	Max Uf (\$ par trip) Scén. REF)	94	6,860			7,337		
Formule 12 FINAL (14)	Max Uf (\$ par trip)	95	6,637			7,234		
Hausse coûts des Import. Pétrol. (en \$)		96		328	0,47		545	0,78
Rev péages ou station. (taxe km additionnelle)	M\$ (exclut frais var et transfert imm.)	97		-	-		-	-
Revenus taxe essence	M\$	98		0	0,00		0	0,00
aggregate tax revenue	M\$ (centrex 700; dr.: Pte 25km)	99		0	0,08		0	0,11
Average new tax rev by trip	\$ per trip (aller - retour)	100			0,21			0,24
Cons. Carburant (M litres) Final	M litres pte (km*nb k dépl.* cons. /1000) (Centre: x 350jrs x 2; dr. 25km pointe)	101		328	0,47		545	0,78
kg GES annuellement	M kg = kT GES (Gauche: $\Sigma x350x2/1000$ , en Mt/an; dr. 25km)	102		803	1,146		<sup>1</sup> 334	1,905
coûts GES	M \$ (25 km de pte)	103			0,115			0,191
Formule 15) Social welfare (manque rev taxes)	(pour pointe) M\$	104			2,6			3,4



Groupe selon les revenus		29	5	5	5	6	6	6	
		39	actifs	TC	auto	actifs	TC	auto	
Coût total par catégorie de revenu	Gauche :	86	1668			451			8080
Coût total pr 1% par catégorie de revenu	k\$ pr 1%	87	10492			10491			44433
Nb dpcmts auto par revenu par jr (INITIAL) k	$N_f P_{fm}, m = 3$	88			229			66	1175
coût en temps d'un dpcmt \$	$(bf / G3)$	89			12,878			32,057	64
Coûts en temps tot. /1000	$NfPf (bf / G3) (M\$)$	90			2943			2113	10212
Nb dpcmt auto par revenu (FINAL) k	$N_f P_{fm}, m = 3$	91			223			68	1121
coût en temps d'un dpcmt \$	$(bf / G3)$	92			15,18			37,78	75
VOT (Coûts en temps tot. Allers)	$NfPf (bf / G3) (M\$)$	93			3384			2582	11763
Formule 12 INITIAL ( 14 )	Max Uf (\$ par trip) (COPIER A LA MAIN RÉSULT. Scén. RÉF)	94	7,362			2,518			6,428
Formule 12 FINAL (14)	Max Uf (\$ par trip)	95	7,678			5,385			6,394
Hausse coûts des import. Pétrol. (en \$)		96		395	0,56		112	0,16	2,44
Rev péages ou station. (taxe km additionnelle)	M\$ (exclut frais var et transfert imm.)	97		-	-		-	-	-
Revenus taxe essence	M\$	98		0	0,00		0	0,00	0,00
aggregate tax revenue	M\$ (centrex 700; dr.: Pte 25km)	99		0	0,08		0	0,02	0,38
Average new tax rev by trip	\$ per trip (aller - retour)	100			0,26			0,29	0,205
Cons. Carburant (M litres) Final	M litres pte (km*nb k dépl.* cons. /1000) (Centre: x 350jrs x 2; dr. 25km pointe)	101		395	0,56		112	0,16	2,4
kg GES annuellement	M kg = kT GES (Gauche: $\Sigma x350x2/1000$ , en Mt/an; dr. 25km)	102		966	1,380		275	0,392	6,0
coûts GES	M \$ (25 km de pte)	103			0,138			0,039	0,596
Formule 15) Social welfare (manque rev taxes)	(pour pointe) M\$	104			2,25			0,43	11,790

Groupe selon les revenus		29	1	1	1	2	2	2
Modes		39	actifs	TC	auto	actifs	TC	auto
Formule 15) Social welfare (incluant tax rev)	M\$ (incluant perte fuel tax))	105			1,25			1,97
Autres coûts FIXES sauf taxes (assurances)	M\$	106		0,035	0,08			0,14
Form. 15) Social welf. (avec frais fixes & GES.)	M\$(formule 15 - Lignes 108 - Ligne 105	107	47,94		1,13			1,76
Frais fixes possession (dépréciation) finaux	Gau: k dplmts en moins; Cen: 33% dépcmts_Dr: Frais achat pr ts dpcmt moy (M\$)	108	7	1,31	0,07	6	1,24	0,01
Form. 15) Social welf. - Frais fixes FINAUX	M\$	109	6,25		1,06			1,75
Cons. Carbu.init.	(M litres)	110			0,26			0,43
Loses gas tax	M \$	111			0,00-			0,00
Form. 15) Social welf. (avec frais fixes & GES.)	\$ by trip	112			4,45			5,94
Frais fixes possession (dépréciation) Init. & FIN.	\$ by trip (centre: final x2x350)	113	1,44	1 006	1,44	0,06	44	0,06
Frais fixes possession (dépréciation) finaux	\$ by trip	114			4,01			5,29
Σ coûts \$ déplacements pointe	Coûts PRIVÉS par aller+retour (\$) (excluant rev. Tax.) INITIAL	115	0,00	3,30	6,21	0,00	3,30	4,85
Σ coûts \$ dépl. par mode pointe (Véh. utilisé)	Coûts PRIVÉS par 25 km en pointe (\$/jr) (excluant rev. Tax.) FINAL	116	0,00	3,73	7,34	0,00	3,73	5,97
Σ coûts \$ + temps par mode pr 25km (peak only)	Coûts PRIVÉS par JR (\$) (excluant rev. Tax.) INITIAL	117	3,60	6,85	8,43	12,14	15,28	12,32
Σ coûts \$ + tps par mode pr 25km (Véh. utilisé)	Coûts PRIVÉS par aller+retour (\$/jr) (excluant rev. Tax.) FINAL	118	7,19	6,87	9,22	12,14	14,33	12,32
Utilisation du parc de véhicules	Nb k véh. Utilisés init. & final et final non utilisés	119	107,0	94,0	10,45	176,8	164,4	9,91
Σ coûts \$/25km pte tous automobiliste par classe	Dépenses privées PR 25KM X NB auto X 2 = PAR jr en M \$ (INIT., FINAL, véh non util.)	120	0,7	0,7	0,06	0,9	1,0	0,03
Σ coûts \$ + temps /pte tous automobi. par classe	Dépenses privées \$ + temps/ jr en M \$ (2 x pte)	121	0,9	0,9	0,06	2,2	2,0	0,03
Dépenses privées \$ tot. par modes et classes	M \$ (700 x 25 km, initial)	122	0,0	221,6	465,6	0,0	227,7	599,8



Groupe selon les revenus		29	3	3	3	4	4	4
Modes		39	actifs	TC	auto	actifs	TC	auto
Formule 15) Social welfare (incluant tax rev)	M\$ (incluant perte fuel tax)	105			2,64			3,53
Autres coûts FIXES sauf taxes (assurances)	M\$	106			0,20			0,29
Form. 15) Social welf. (avec frais fixes & GES.)	M\$(formule 15 - Lignes 108 - Ligne 105	107			2,32			3,05
Frais fixes possession (dépréciation) finaux	Gau: k dplmts en moins; Cen: 33% dépcmts_Dr: Frais achat pr ts dpcmt moy (M\$)	108	6	1,21	0,68	7	1,30	1,45
Form. 15) Social welf. - Frais fixes FINAUX	M\$	109			1,64			1,59
Cons. Carbu. init.	(M litres)	110			0,67			1,09
Loses gas tax	M \$	111			0,00			0,00
Form. 15) Social welf. (avec frais fixes & GES.)	\$ by trip	112			6,84			7,47
Frais fixes possession (dépréciation) Init. & FIN.	\$ by trip (centre: final x2x350)	113	5,75	<sup>4</sup> <sub>025</sub>	5,75	8,63	<sup>6</sup> <sub>038</sub>	8,63
Frais fixes possession (dépréciation) finaux	\$ by trip	114			6,02			6,46
Σ coûts \$ déplacements pointe	Coûts PRIVÉS par aller+retour (\$) (excluant rev. Tax.) INITIAL	115	0,00	3,30	10,90	0,00	3,30	14,43
Σ coûts \$ dépl. par mode pointe (Véh. utilisé)	Coûts PRIVÉS par 25 km en pointe (\$/jr) (excluant rev. Tax.) FINAL	116	0,00	3,73	12,15	0,00	3,73	15,88
Σ coûts \$ + temps par mode pr 25km (peak only)	Coûts PRIVÉS par JR (\$) (excluant rev. Tax.) INITIAL	117	20,65	23,68	23,62	30,09	32,99	32,96
Σ coûts \$ + tps par mode pr 25km (Véh. utilisé)	Coûts PRIVÉS par aller+retour (\$/jr) (excluant rev. Tax.) FINAL	118	20,65	21,76	22,94	30,09	30,00	31,60
Utilisation du parc de véhicules	Nb k véh. Utilisés init. & final et final non utilisés	119	247,7	235,6	9,71	349,0	336,0	10,42
Σ coûts \$/25km pte tous automobiliste par classe	Dépenses privées PR 25KM X NB auto X 2 = PAR jr en M \$ (INIT., FINAL, véh non util.)	120	2,7	2,9	0,14	5,0	5,3	0,20
Σ coûts \$ + temps /pte tous automoi. par classe	Dépenses privées \$ + temps/ jr en M \$ (2 x pte)	121	5,9	5,4	0,14	11,5	10,6	0,20
Dépenses privées \$ tot. par modes et classes	M \$ (700 x 25 km, initial)	122	0,0	211,1	1890,4	0,0	187,3	3525,5

Groupe selon les revenus		29	5	5	5	6	6	6
		39	actifs	TC	auto	actifs	TC	auto
Formule 15) Social welfare (incluant tax rev)	M\$ (incluant perte fuel tax))	105			2,33			0,45 12,169
Autres coûts FIXES sauf taxes (assurances)	M\$	106			0,19			0,06 1,003
Form. 15) Social welf. (avec frais fixes & GES.)	M\$(formule 15 - Lignes 108 - Ligne 105	107			2,00			0,35 10,60
Frais fixes possession (dépréciation) finaux	Gau: k dplmts en moins; Cen: 33% dépcmts_Dr: Frais achat pr ts dpcmt moy (M\$)	108	3	0,56	1,29	-1	-0,24	0,59 4,082
Form. 15) Social welf. - Frais fixes FINAUX	M\$	109			0,71			0,24 12,77
Cons. Carburant init.	(M litres)	110			0,78			0,21 3,44
Loses gas tax	M \$	111			0,00			0,00 0,000
Form. 15) Social welf. (avec frais fixes & GES.)	\$ by trip	112			7,94			5,68 6,599
Frais fixes possession (dépréciation) Init. & FIN.	\$ by trip (centre: final x2x350)	113	11,50	8 051	11,50	17,25	12 076	17,25
Frais fixes possession (dépréciation) finaux	\$ by trip	114			6,81			4,44 5,751
Σ coûts \$ déplacements pointe	Coûts PRIVÉS par aller+retour (\$) (excluant rev. Tax.) INITIAL	115	0,00	3,30	17,73	0,00	3,30	23,11
Σ coûts \$ dépl. par mode pointe (Véh. utilisé)	Coûts PRIVÉS par 25 km en pointe (\$/jr) (excluant rev. Tax.) FINAL	116	0,00	3,73	19,31	0,00	3,73	24,58
Σ coûts \$ + temps par mode pr 25km (peak only)	Coûts PRIVÉS par JR (\$) (excluant rev. Tax.) INITIAL	117	45,32	48,03	45,65	112,83	114,64	92,62
Σ coûts \$ + tps par mode pr 25km (Véh. utilisé)	Coûts PRIVÉS par aller+retour (\$/jr) (excluant rev. Tax.) FINAL	118	45,32	43,30	43,00	112,83	102,23	83,55
Utilisation du parc de véhicules	Nb k véh. Utilisés init. & final et final non utilisés	119	228,5	223,0	4,44	65,9	68,3	-1,94
Σ coûts \$/25km pte tous automobiliste par classe	Dépenses privées PR 25KM X NB auto X 2 = PAR jr en M \$ (INIT., FINAL, véh non util.)	120	4,1	4,3	0,11	1,5	1,7	-0,07
Σ coûts \$ + temps/pte tous automobiliste par classe	Dépenses privées \$ + temps/ jr en M \$ (2 x pte)	121	10,4	9,6	0,11	6,1	5,7	-0,07
Dépenses privées \$ tot. par modes et classes	M \$ (700 x 25 km, initial)	122	0,0	105,0	2835,5	0,0	20,1	1066,4



Groupe selon les revenus		29	1	1	1	2	2	2
Modes		39	actifs	TC	auto	actifs	TC	auto
Dép. \$ privées tot./pers. selon classes (350jrs)	Par mode : k\$/pers. (Initial)	123	0,0	2,3	4,3	0,0	2,3	3,4
Dépenses transport tot. par modes et classes (350jrs)	Gau: Total (M\$), centre: k\$ par pers; Dr.: en % du rev. moy.	124	687,1	2,435	56,1%	827,5	2,5	17,0%
Dépenses privées \$ tot. par modes et classes	M \$ (700 x 25 km, final)	122	0,0	259,2	521,4	0,0	275,9	705,2
Dép. \$ privées tot./pers. selon classes (350jrs)	Par mode : k\$/pers. (final)	126	0,0	2,2	5,0	0,0	2,156	3,6
Dép. Fin. tot.\$ tous modes ens. par classe	Gau: Total (M\$), centre: k\$ par pers; Dr.: en % du rev. moy.	127	780,6	2,767	63,8%	981	2,956	20,2%
Σ coûts privés \$ par pers. et tot (sans le temps)	Σ coûts privés par pers. (k\$) et tot en M\$	128	19,0%	6,158	11356	21,1%	6,845	#####
Σ Dép. privées \$ + temps par modes et classes	M \$ (350 jrs, initial)	129	71,7	307,1	525,2	173,0	524,4	932,4
Dép. \$ privées tot./pers. selon classes (350jrs)	Par mode : k\$/pers. (Initial)	130	0,9	3,2	4,9	3,1	5,3	5,3
Dépenses transport tot. par modes et classes (350jrs)	Gau: Total (M\$), centre: k\$ par pers; Dr.: en % du rev. moy.	131	904,0	3,2	74%	1629,8	4,9	34%
Σ Dép. privées \$ + temps par modes et classes	M \$ (x 2 x 350 jrs, final)	132	161,0	337,5	527,2	189,1	557,4	950,0
Dép. \$ privées tot./pers. selon classes (350jrs)	Par mode : k\$/pers. (final)	133	1,8	3,4	5,6	3,1	5,3	5,8
Dépenses transport tot. par modes et classes	Gau: Total (M\$), centre: k\$ par pers; Dr.: en % du rev. moy.	134	1025,7	7,3	168%	1697	5,1	35%
Σ coûts \$ (Véh. Non utilisé: coûts fixes seul.)	Coûts PRIVÉS fixes sans déplac. FINAL (\$/jr)	135	5,28		5,28	2,53		2,53
Variations recettes fiscales	En M\$	136			7,4			19,3
	Variations importations pétrole	137	1706	M\$/an				

Groupe selon les revenus		29	3	3	3	4	4	4
Modes		39	actifs	TC	auto	actifs	TC	auto
Dép. \$ privées tot./pers. selon classes (350jrs)	Par mode : k\$/pers. (Initial)	123	0,0	2,3	7,6	0,0	2,3	10,1
Dépenses transport tot. par modes et classes (350jrs)	Gau: Total (M\$), centre: k\$ par pers; Dr.: en % du rev. moy.	124	2101,4	5,5	21,9%	3712,8	7,9	21,7%
Dépenses privées \$ tot. par modes et classes	M \$ (700 x 25 km, final)	122	0,0	263,3	2097,4	0,0	242,9	3878,2
Dép. \$ privées tot./pers. selon classes (350jrs)	Par mode : k\$/pers. (final)	126	0,0	2,1	8,0	0,0	2,0	10,5
Dép. Fin. tot.\$ tous modes ens. par classe	Gau: Total (M\$), centre: k\$ par pers; Dr.: en % du rev. moy.	127	2361	6,1	24,6%	4121	8,7	24,0%
Σ coûts privés \$ par pers. et tot (sans le temps)	Σ coûts privés par pers. (k\$) et tot en M\$	128	11,1%	Σ coûts privés \$ par pers. et tot avec le temps)				
Σ Dép. privées \$ + temps par modes et classes	M \$ (350 jrs, initial)	129	241,1	679,0	2683,0	317,9	792,4	5152,8
Dép. \$ privées tot./pers. selon classes (350jrs)	Par mode : k\$/pers. (Initial)	130	5,2	7,4	10,8	7,6	9,8	14,8
Dépenses transport tot. par modes et classes (350jrs)	Gau: Total (M\$), centre: k\$ par pers; Dr.: en % du rev. moy.	131	3603,2	9,3	38%	6263,2	13,3	37%
Σ Dép. privées \$ + temps par modes et classes	M \$ (x 2 x 350 jrs, final)	132	254,9	720,3	2642,4	326,2	857,1	5064,0
Dép. \$ privées tot./pers. selon classes (350jrs)	Par mode : k\$/pers. (final)	133	5,2	7,1	11,2	7,6	9,2	15,1
Dépenses transport tot. par modes et classes	Gau: Total (M\$), centre: k\$ par pers; Dr.: en % du rev. moy.	134	3617,7	9,4	38%	6247,2	13,2	36%
Σ coûts \$ (Véh. Non utilisé: coûts fixes seul.)	Coûts PRIVÉS fixes sans déplac. FINAL (\$/jr)	135	13,90		13,90	19,65		19,65
Variations recettes fiscales	En M\$	136			34,0			56,6
	Variations importations pétrole	137			0 M\$/an			

Groupe selon les revenus		29	5	5	5	6	6	6
Modes		39	actifs	TC	auto	actifs	TC	auto
Dép. \$ privées tot./pers. selon classes (350jrs)	Par mode : k\$/pers. (Initial)	123	0,0	2,3	12,4	0,0	2,3	16,2
Dépenses transport tot. par modes et classes (350jrs)	Gau: Total (M\$), centre: k\$ par pers; Dr.: en % du rev. moy.	124	2940	10,0	18,3%	1086,5	13,7	10,1%
Dépenses privées \$ tot. par modes et classes	M \$ (700 x 25 km, final)	122	0,0	137,0	3092,5	0,0	22,6	1125,8
Dép. \$ privées tot./pers. selon classes (350jrs)	Par mode : k\$/pers. (final)	126	0,0	2,0	12,7	0,0	2,3	15,6
Dép. Fin. tot.\$ tous modes ens. par classe	Gau: Total (M\$), centre: k\$ par pers; Dr.: en % du rev. moy.	127	3229	11,0	20,1%	1148	14,5	10,6%
Σ coûts privés \$ par pers. et tot (sans le temps)	Σ coûts privés par pers. (k\$) et tot en M\$	128	34,0%	11,0	20292	34,0%	11,0	20283
Σ Dép. privées \$ + temps par modes et classes	M \$ (350 jrs, initial)	129	219,8	615,7	4440,7	133,6	262,9	2218,9
Dép. \$ privées tot./pers. selon classes (350jrs)	Par mode : k\$/pers. (Initial)	130	11,4	13,6	19,4	28,4	30,3	33,7
Dépenses transport tot. par modes et classes (350jrs)	Gau: Total (M\$), centre: k\$ par pers; Dr.: en % du rev. moy.	131	5276,1	18,0	33%	2615,4	33,0	24%
Σ Dép. privées \$ + temps par modes et classes	M \$ (x 2 x 350 jrs, final)	132	203,1	658,6	4342,3	65,3	237,1	2189,7
Dép. \$ privées tot./pers. selon classes (350jrs)	Par mode : k\$/pers. (final)	133	11,4	12,6	19,5	28,4	27,4	32,0
Dépenses transport tot. par modes et classes	Gau: Total (M\$), centre: k\$ par pers; Dr.: en % du rev. moy.	134	5204,0	17,7	32%	2492,0	31,4	23%
Σ coûts \$ (Véh. Non utilisé: coûts fixes seul.)	Coûts PRIVÉS fixes sans déplac. FINAL (\$/jr)	135	25,41		25,41	36,91		36,91
Variations recettes fiscales	En M\$	136			40,1			13,9



	Base (2006)	no lignes	no résultats	FINAL	% variation
Car trip by day (peak hours) (10 <sup>6</sup> )	1,175	144	1	1,121	-4,6%
Transit trip by day (peak hours) (10 <sup>6</sup> )	0,421	145	2	0,460	9,2%
Actives modes & car passengers (10 <sup>6</sup> )	0,248	146	3	0,263	6,0%
T = Car equivalent trafic (10 <sup>6</sup> )	1,220	147	4	1,170	-4,1%
Auto CO2(Mt/an)	5,890	148	5	4,174	-29,1%
Auto + bus CO2(Mt/an)	6,243			4,559	-27,0%
Vitesse (km/hre)	29,360	150	7	34,605	17,9%
Fuel cost/trip (auto)	3,124	151	8	4,479	43,4%
Formule 12 (14) Consumer surplus cost by average trip	6,428	152	9	6,394	-0,5%
(Form.14: cost by trip) f = 1	4,862	153	10	4,336	-10,8%
(Form.14: cost by trip) f = 2	6,344	154	11	5,772	-9,0%
(Form.14: cost by trip) f = 3	7,229	155	12	6,637	-8,2%
(Form.14: cost by trip) f = 4	7,873	156	13	7,234	-8,1%
(Form.14: cost by trip) f = 5	8,170	157	14	7,678	-6,0%
(Form.14: cost by trip) f = 6	4,530	158	15	5,385	18,9%
Formule 15) Social welfare (including tax rev.) TOTAL	12,250	159	16	12,169	-0,7%
(Formu.15 Soc. welf.) f = 1	1,390	160	17	1,255	-9,7%
(Formu.15 Soc. welf.) f = 2	2,094	161	18	1,971	-5,8%
(Formu.15 Soc. welf.) f = 3	2,728	162	19	2,638	-3,3%
(Formu.15 Soc. welf.) f = 4	3,581	163	20	3,528	-1,5%
(Formu.15 Soc. welf.) f = 5	2,236	164	21	2,327	4,1%
(Formu.15 Soc. welf.) f = 6	0,222	165	22	0,450	102,8%
Annual average private transportation costs (k\$/pers.)	6,16	166	23	6,84	11,1%
Dépenses privées \$ en % rev. total (700 x 25 km) et % variation	19,0%	167	24	21,1%	11,1%
Private Cost k\$/pers. f=1	56,1%	168	25	63,8%	13,6%
Private Cost k\$/pers. f=2	17,0%	169	26	20,2%	18,6%
Private Cost k\$/pers. f=3	21,9%	170	27	24,6%	12,3%



Private Cost k\$/pers. f =4	21,7%	171	28	24,0%	11,0%
Private Cost k\$/pers. f =5	18,3%	172	29	20,1%	9,8%
Private Cost k\$/pers. f =6	10,1%	173	30	10,6%	11,0%
Private Cost by year M\$	11356	174	31	12 621	9,8%
Coûts GES CAR (M\$)	589	175	32	417	-172
Coûts GES CAR+BUS (M\$)	624	175	32	456	-168
Revenus taxes additionnelles (10 <sup>9</sup> \$) M\$	0,0	178	35	0,0 so	
Coûts privés + GES - rev tax addit Left : Variation in petroleum importation costs \$By year (M\$); Right: private costs + GHG costs variation (M\$)	11 980	182	39	13077	9%
Left : New tax revenues by year (M\$); ibid minus total costs (private + GHG)		183	40	1 706	-168
		184	41	0	168
Tax revenue	185,640	186	43	171,3	-7,7%
Consumer surplus/totaux	35,00	187	44	37,04	5,8%
Dépenses transport tot. MM \$ (350jrs)	10,38	188	45	10,38	0,0%
Formule 15) Social welfare avec tax rev - frais fixes - GES TOTAL (M\$)	10,394	189	46	10,6	2,0%
f = 1	1,234	190	47	1,132	-8,2%
f = 2	1,835	191	48	1,76	-4,3%
f = 3	2,351	192	49	2,32	-1,3%
f = 4	3,012	193	50	3,048	1,2%
f = 5	1,847	194	51	1,996	8,0%
f = 6	0,114	195	52	0,35	209,0%
Form. 15) Social welf. - Frais fixes FINAUX (M\$)	12,461	196	53	12,772	2,5%
f = 1	1,157	197	54	1,064	-8,0%
f = 2	1,830	198	55	1,752	-4,3%
f = 3	1,639	199	56	1,639	0,0%
f = 4	1,507	200	57	1,593	5,7%
f = 5	0,533	201	58	0,711	33,3%
f = 6	-0,455	202	59	-0,236	-48,2%

	Synthèse	203	60		
Car trafic (M trajets/j)	1,175	204	61	1,121	-4,6%
Car equivalent trafic (M, trajets)	1,220	205	62	1,170	-4,1%
Car person trips (M, 106) Nb pers. en auto	1,175	206	63	1,121	-4,6%
Bus person trips (M, 106) Nb pers en bus	0,421	207	64	0,460	9,2%
Car travel time (hours) (M)	0,999	208	65	0,953	-4,6%
Car vehicle km (M)	29,328	209	66	27,987	-4,6%
Fuel used by car (M liters)	3,440	210	67	2,44	-29,1%
Fuel used by bus(M liters)	0,198	210	67	0,20	0,0%
Fuel used by car (M liters)	-0,291	210	67	0,10	-133,4%
CO2 emitted by cars (Mt par an) (V104*250/1000)	2,104	211	68	1,491	-29,1%
Speed of car travel (km/hr)	29,36	212	69	34,61	17,9%
Auto equivalent hours (M) (bus=4)	1,060	213	70	1,02	-3,8%
Private Cost k\$/pers. f=1	2,44	215	72	2,77	13,6%
Private Cost k\$/pers. f=2	2,49	216	73	2,96	18,6%
Private Cost k\$/pers. f=3	5,45	217	74	6,13	12,3%
Private Cost k\$/pers. f=4	7,87	218	75	8,73	11,0%
Private Cost k\$/pers. f=5	10,03	219	76	11,01	9,8%
Private Cost k\$/pers. f=6	13,70	220	77	14,48	5,7%
Formule 15) Social welfare (incluant GES+frais assur. fixes) \$ by trip	5,600	221	78	6,60	17,8%
Auto vehicle km (M)#r pointe AM+PM	58,656	222	79	56,0	-4,6%
Auto fuel M liters)	3,440	224	81	2,44	-29,1%
Average new tax rev by trip	0,215	226	83	0,205	-4,6%
(tax by trip) f = 1	0,128	227	84	0,113	-12,2%
(Form.14: cost by trip) f = 2	0,180	228	85	0,167	-7,0%
(Form.14: cost by trip) f = 3	0,217	229	86	0,206	-4,9%
(Form.14: cost by trip) f = 4	0,250	230	87	0,240	-3,7%
(Form.14: cost by trip) f = 5	0,263	231	88	0,257	-2,4%
(Form.14: cost by trip) f = 6	0,281	232	89	0,291	3,7%

Formule 15) Social welfare (incluant GES+frais assur. fixes) By trip	6,643	233	90	6,599	-0,7%
(cost by trip) f = 1	4,926	234	91	4,448	-9,7%
(cost by trip) f = 2	6,307	235	92	5,939	-5,8%
(cost by trip) f = 3	7,078	236	93	6,844	-3,3%
(cost by trip) f = 4	7,587	237	94	7,474	-1,5%
(cost by trip) f = 5	7,625	238	95	7,935	4,1%
(cost by trip) f = 6	2,799	239	96	5,676	102,8%
Formule 15) Social welfare (incluant achat véh.) By trip	5,636	240	97	5,751	2,0%
(cost by trip) f = 1	4,373	241	98	4,014	-8,2%
(cost by trip) f = 2	5,530	242	99	5,293	-4,3%
(cost by trip) f = 3	6,100	243	100	6,018	-1,3%
(cost by trip) f = 4	6,381	244	101	6,456	1,2%
(cost by trip) f = 5	6,300	245	102	6,808	8,0%
(cost by trip) f = 6	1,436	246	103	4,437	209,0%
Revenus annuels péage (250 * R5)	0,000			0,000	